

2)  
AC

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-315099

(43)Date of publication of application : 13.11.2001

(51)Int.Cl. B81B 3/00  
H01L 41/09  
H01L 41/08  
H01L 41/22

(21)Application number : 2000-067781

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 10.03.2000

(72)Inventor : TAKEUCHI YUKIHISA  
NANATAKI TSUTOMU  
IKEDA KOJI  
KIMURA KOJI  
SHIBATA KAZUYOSHI

## (30)Priority

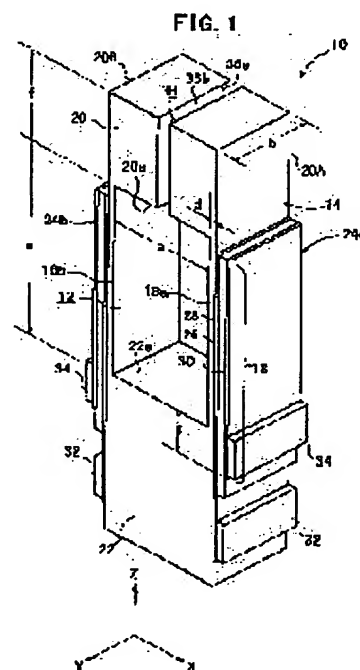
|                            |                            |                       |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Priority number : 11281522 | Priority date : 01.10.1999 | Priority country : JP |
| 11307844                   | 28.10.1999                 | JP                    |
| 11326195                   | 16.11.1999                 | JP                    |
| 11371967                   | 27.12.1999                 | JP                    |
| 2000013576                 | 21.01.2000                 | JP                    |
| 2000015123                 | 24.01.2000                 | JP                    |
| 2000056434                 | 01.03.2000                 | JP                    |

## (54) PIEZOELECTRIC/ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the weight of a piezoelectric/electrostrictive device, in particular its moving part or stationary part, increase the displacement of the moving part and quicken the operation (higher resonance frequency), and enhance the handling easiness of the device, component mounting easiness to the moving part, and fixing stability of the device.

**SOLUTION:** The piezoelectric/electrostrictive device 10 is equipped with a pair of thin plate parts 16a and 16b confronting each other, a moving part 20, and a stationary part 22 to support the thin plate parts 16a and 16b and moving part 20, wherein piezoelectric/electrostrictive elements 24a and 24b are installed on at least one of the thin plate parts 16a and 16b, and a cavity 12 is bounded by both the inner walls of the thin plate parts 16a and 16b, the inner wall 20a of the moving part 20, and the inner wall 22a of the stationary part 22. The arrangement further includes end faces 36a and 36b confronting each other formed on the moving part 20 by cutting away the central portion of the moving part 20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-315099

(P2001-315099A)

(43) 公開日 平成13年11月13日 (2001. 11. 13)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テマコード (参考) |
|---------------------------|------|---------------|------------|
| B 8 1 B 3/00              |      | B 8 1 B 3/00  |            |
| H 0 1 L 41/09             |      | H 0 1 L 41/08 | J          |
| 41/08                     |      |               | Z          |
| 41/22                     |      | 41/22         | Z          |

審査請求 有 請求項の数19 O L (全 27 頁)

|              |                            |          |   |
|--------------|----------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号    | 特願2000-67781 (P2000-67781) | (71) 出願人 | 000004064<br>日本碍子株式会社<br>愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 |
| (22) 出願日     | 平成12年3月10日 (2000. 3. 10)   | (72) 発明者 | 武内 幸久<br>愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日<br>本碍子株式会社内   |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平11-281522               | (72) 発明者 | 七瀬 努<br>愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日<br>本碍子株式会社内    |
| (32) 優先日     | 平成11年10月1日 (1999. 10. 1)   | (74) 代理人 | 100077665<br>弁理士 千葉 剛宏 (外1名)                |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)                   |          |   |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平11-307844               |          |   |
| (32) 優先日     | 平成11年10月28日 (1999. 10. 28) |          |   |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)                   |          |   |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平11-326195               |          |   |
| (32) 優先日     | 平成11年11月16日 (1999. 11. 16) |          |   |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)                   |          |   |

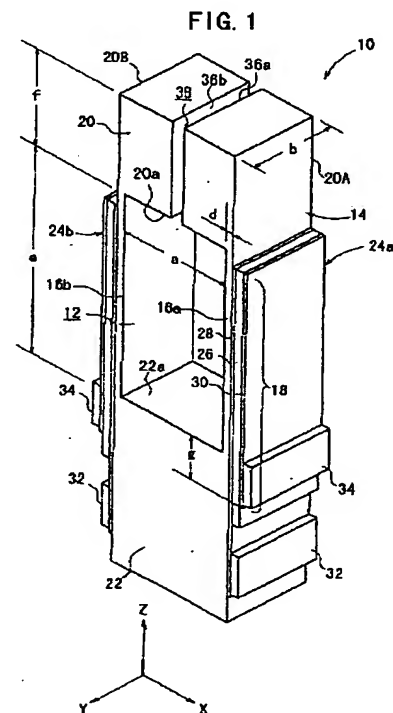
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電／電歪デバイス及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化及び可動部の変位の増大化と高速化（高共振周波数化）を達成させると共に、デバイスのハンドリング性並びに可動部への部品の取付性又はデバイスの固定性を向上させる。

【解決手段】 相対向する一対の薄板部16a及び16bと、可動部20と、これら薄板部16a及び16bと可動部20を支持する固定部22を具備し、一対の薄板部16a及び16bのうち、少なくとも1つの薄板部16a及び16bに圧電／電歪素子24a及び24bが配設され、一対の薄板部16a及び16bの両内壁と可動部20の内壁20aと固定部22の内壁22aとにより孔部12が形成された圧電／電歪デバイス10において、可動部20の中央部分を切除して可動部20に互いに対向する端面36a及び36bを形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、

前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスであって、

前記可動部又は固定部のいずれか一方は、互いに対向する端面を有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項2】 請求項1記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記可動部又は固定部のいずれか一方に切除部を有し、前記切除部の一部が前記互いに対向する端面を構成することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項3】 請求項1又は2記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部と前記可動部と前記固定部は、セラミックグリーン積層体を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を切除してなるセラミック基体で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項4】 請求項3記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子は膜状であって、焼成によって前記セラミック基体に一体化されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記互いに対向する端面の間に空隙が形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項6】 請求項1～4のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記互いに対向する端面の間に前記可動部又は固定部のいずれか一方の構成部材とは異なる部材が介在していることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項7】 請求項6記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記部材が有機樹脂であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

製造時に前記薄板部及び／又は前記圧電／電歪素子に生じていた内部残留応力が、前記互いに対向する端面が形成されることによって解放された構造を有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項9】 請求項1～8のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子は、  
圧電／電歪層と、該圧電／電歪層に形成された一対の電極とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項10】 請求項1～8のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の両側に形成された一対の電極とを有し、該一対の電極のうち、一方の電極が少なくとも前記薄板部に形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項11】 請求項9又は10記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子は、

前記圧電／電歪層と前記一対の電極の複数が積層形態で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項12】 請求項1～11のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記孔部にゲル状の材料が充填されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項13】 相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、

前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、

前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも前記薄板上に前記圧電／電歪素子を作製した後に、前記可動部となる部分又は固定部となる部分のいずれか一方の所定部位を切除して、互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成する工程を有することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項14】 相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、

前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、

前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも後に少なくとも前記孔部を形成するための窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、セラミック積層体を作製するセラミック積層体作製工程と、

前記セラミック積層体のうち、前記薄板部となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子を形成する工程と、

前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する少なくとも1回の切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成する切除工程とを含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項15】 請求項14記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成するた

めの窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、

前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項16】請求項14又は15記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は前記固定部となる部分を形成するための窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、

前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成された前記セラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は固定部となる部分を形成し、更に、前記連結部分を切除して互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項17】請求項14～16のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記切除工程は、前記セラミック積層体に対する切除処理によって、前記孔部を露出させることを含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項18】請求項13～17のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記互いに対向する端面の間に、前記可動部の構成部材と異なる部材を介在させる工程を有することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項19】請求項18記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記部材として有機樹脂を用いることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電／電歪素子の変位動作に基づいて作動する可動部を備えた圧電／電歪デバイス、もしくは可動部の変位を圧電／電歪素子により検出できる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関し、詳しくは、強度、耐衝撃性、耐湿性に優れ、効率よく可動部を大きく作動させることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近時、光学や磁気記録、精密加工等の分野において、サブミクロンオーダーで光路長や位置を調

整可能な変位素子が必要とされており、圧電／電歪材料（例えば強誘電体等）に電圧を印加したときに惹起される逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子の開発が進められている。

【0003】従来、このような変位素子としては、例えば図37に示すように、圧電／電歪材料からなる板状体200に孔部202を設けることにより、固定部204と可動部206とこれらを支持する梁部208とを一体に形成し、更に、梁部208に電極層210を設けた圧電アクチュエータが開示されている（例えば特開平10-136665号公報参照）。

【0004】前記圧電アクチュエータにおいては、電極層210に電圧を印加すると、逆圧電効果や電歪効果により、梁部208が固定部204と可動部206とを結ぶ方向に伸縮するため、可動部206を板状体200の面内において弧状変位又は回転変位させることが可能である。

【0005】一方、特開昭63-64640号公報には、バイモルフを用いたアクチュエータに関して、そのバイモルフの電極を分割して設け、分割された電極を選択して駆動することにより、高精度な位置決めを高速に行う技術が開示され、この公報（特に第4図）には、例えば2枚のバイモルフを対向させて使用する構造が示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記圧電アクチュエータにおいては、圧電／電歪材料の伸縮方向（即ち、板状体200の面内方向）の変位をそのまま可動部206に伝達していたため、可動部206の作動量が小さいという問題があった。

【0007】また、圧電アクチュエータは、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成しているため、機械的強度が低く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に劣ることに加え、圧電アクチュエータ自体が重く、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受けやすいという問題点があった。

【0008】前記問題点を解決するために、孔部202に柔軟性を有する充填材を充填することが提案されているが、単に充填材を使用しただけでは、逆圧電効果や電歪効果による変位の量が低下することは明らかである。

【0009】更に、前記特開昭63-64640号公報に記載されたアクチュエータは、固定部材ないしは中継部材に対してバイモルフを貼り付けたものであることに加え、バイモルフ自身2枚の圧電子を貼り合わせてなる構造のものであることから、それらの貼り付け、貼り合わせにかかる加熱処理や接着剤の硬化収縮等に起因した応力を残留しやすく、その内部残留応力によって、変位動作が妨げられ、設計通りの変位、共振周波数を実現できないおそれがある。特に、アクチュエータがサイズの

に小さい場合、接着剤の影響は自ずから大きくなってしまふ。

【0010】そこで、貼り付けにかかる接着剤の影響を排除する方法として、アクチュエータを例えばセラミックスの一体焼成物で構成し、接着剤を使用しない構造とすることが考えられる。しかしながら、この場合においても、焼成時の各部材の熱収縮挙動の違いによって、内部残留応力が発生するおそれは免れ得ない。

【0011】また更に、アクチュエータがサイズの小さい場合には、そのアクチュエータの固定性及びアクチュエータへの他の部品の取付性が低下するという問題を内在していた。

【0012】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化、デバイスのハンドリング性及び可動部への部品の取付性又はデバイスの固定性を向上させることができ、これにより、相対的に低電圧で可動部を大きく変位することができると共に、デバイス、特に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスであって、前記可動部又は固定部のいずれか一方は、互いに対向する端面を有することを特徴とする。

【0014】前記可動部、固定部、薄板部は、セラミックスもしくは金属を用いて構成されていてもよく、また、各部をセラミック材料同士で構成することもできるし、あるいは金属材料同士で構成することもできる。更には、セラミックスと金属の材料とから製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造として構成することもできる。

【0015】そして、前記可動部又は固定部のいずれか一方に切除部を設け、前記切除部の一部が前記互いに対向する端面を構成するようにしてもよい。更に、前記薄板部と前記可動部と前記固定部は、セラミックグリーン積層体を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を切除してなるセラミック基体で構成するようにしてもよい。また、前記圧電／電歪素子を膜状とし、焼成によって前記セラミック基体に一体化するようにしてもよい。

【0016】この場合、前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層に形成された一対の電極とを有して構成することができる。また、前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の両側に形成された一対の電極とを有し、該一対の電極のうち、一方の電極を少なくとも前記薄板部に形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子による振動を薄板部を通じて効率よく可動部又は固定部に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。特に、前記圧電／電歪素子は、前記圧電／電歪層と前記一対の電極が複数積層形態で構成されていることが好ましい。

【0017】このような構成にすることにより、圧電／電歪素子の発生力が増大し、もって大変位が図られると共に、デバイス自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化を容易に達成できるという特徴がある。

【0018】そして、前記互いに対向する端面の間を空隙としてもよいし、前記互いに対向する端面の間に前記可動部の構成部材とは異なる部材、例えばガラス、セメント、有機樹脂などが挙げられ、好ましくは有機樹脂、例えばエポキシ系、アクリル系、ポリイミド系、フェノール系、シリコン系、テルペン系、キシレン系、スチレン系、メラミン系、メタクリル系、ゴム系等もしくはこれらの混合物、共重合体を介在させるようにしてもよい。中でも接合性、取り扱い性、硬さ等の点から、エポキシ系、アクリル系、メタクリル系の有機樹脂などを介在させることが好ましい。また、更に硬度を上げる目的で無機材料等のフィラーを混入させることも好ましい。

【0019】特に、前記互いに対向する端面の間を空隙とした場合や、前記互いに対向する端面の間に前記可動部又は固定部の構成部材よりも軽い部材を介在させる、あるいは前記部材により端面間を接合させることで、可動部又は固定部の軽量化を有効に図ることができるため、可動部又は固定部の変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる。なお、前記部材は高共振周波数の観点から、硬い材料とすることが好ましい。

【0020】また、前記互いに対向する端面の間を空隙とした場合は、一方の端面を含む可動部又は固定部の一部と、他方の端面を含む可動部又は固定部の別の一部とが接みやすくなり、変形に強くなる。そのため、圧電／電歪デバイスのハンドリング性に優れることとなる。

【0021】更に、前記互いに対向する端面の存在により、可動部又は固定部の表面積が大きくなる。従って、互いに対向する端面を有する可動部とした場合は、可動部に他の部品を取り付ける場合に、その取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。ここで、部品を例えば接着剤等によって固着する場合を考えると、接着剤は可動部の一主面のほか端面にまで行き渡ることとなるため、接着剤の塗布不足等を解

消することが可能となり、部品を確実に固着することができる。

【0022】一方、互いに対向する端面を有する固定部とした場合は、この発明に係る圧電／電歪デバイスを所定の固定部分に強固に固定することが可能となり、信頼性の向上を図ることができる。

【0023】このように、本発明においては、デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化、デバイスのハンドリング性、並びに可動部への部品の取付性、デバイスの固定性を向上させることができ、これにより、可動部を大きく変位することができると共に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる。

【0024】ところで、圧電／電歪デバイスの製造においては、例えば貼り合わせや後述する膜形成法を用いた一体焼成等によって、例えばセラミック積層体（セラミックグリーンシートを積層し、一体焼成したもの）に圧電／電歪素子を形成したとき、圧電／電歪素子及び／又は薄板部となる部分に内部残留応力が発生することになる。特に、一体焼成によって圧電／電歪素子をセラミック積層体に形成する場合は、焼成時に生じる構成部材の収縮や熱膨張率の違いによって圧電／電歪素子及び／又は薄板部となる部分に内部残留応力が発生しやすくなる。

【0025】そして、前記セラミック積層体のうち、不要な部分を切除して、可動部、固定部及び薄板部を有するセラミック基体とした場合においても、圧電／電歪素子及び／又は薄板部に内部残留応力は残ったままである。

【0026】この状態から、圧電／電歪デバイスを作製し、使用すると、圧電／電歪素子を構成する圧電／電歪層に所定電界を生じさせても、可動部において所望の変位を示さない場合がある。これは、圧電／電歪層の材料特性及び可動部の変位動作が、圧電／電歪素子及び／又は前記薄板部に発生している内部残留応力によって阻害されているからである。

【0027】この発明では、可動部又は固定部のいずれか一方に互いに対向する端面を設けるようにしているため、端面間の距離が、前記圧電／電歪素子及び／又は薄板部に発生している内部残留応力によって、例えば縮まることになる。即ち、圧電／電歪素子及び／又は薄板部に生じていた内部残留応力が端面の移動によって解放されることとなる。

【0028】従って、可動部の変位動作が前記内部残留応力によって阻害されることがなくなり、ほぼ設計通りの可動部の変位動作を得ることができる。加えて、この

応力の解放によって、デバイスの機械強度の向上も図ることができる。

【0029】また、上述の発明において、前記孔部にゲル状の材料を充填するようにしてもよい。この場合、通常は、充填材の存在によって、可動部の変位動作が制限を受けることになるが、上述の発明は、可動部又は固定部への端面の形成に伴う軽量化や可動部の変位量の増大化を図るようにしているため、前記充填材による可動部の変位動作の制限が打ち消され、充填材の存在による効果、即ち、高共振周波数化や剛性の確保を実現させることができる。

【0030】次に、本発明は、相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁により孔部が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも前記圧電／電歪素子を作製した後に、前記可動部となる部分又は固定部となる部分のいずれか一方の所定部位を切除して、互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成する工程を有することを特徴とする。

【0031】互いに対向する端面を有する可動部又は固定部が設けられることとなるため、製造時に圧電／電歪素子及び／又は薄板部に発生していた内部残留応力が、端面間の距離が例えば縮まることによって解放されることとなるため、可動部の変位動作が前記内部残留応力によって阻害されることがない。

【0032】ここでいう圧電／電歪素子を作成した後は、少なくとも圧電／電歪層が形成された状態を示し、圧電／電歪層の形成後に形成される電極に対しては、互いに対向する端面を有する可動部又は固定部を形成するための切除を行った後に形成するようにしてもかまわない。

【0033】また、互いに対向する端面を有する可動部又は固定部を設けることによって、可動部又は固定部が軽量化されるため、可動部の変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる圧電／電歪デバイスを効率よく、かつ、容易に製造することができ、高性能の圧電／電歪デバイスの量産化を実現させることができる。

【0034】しかも、可動部又は固定部が撓みやすくなり、変形に強くなるため、圧電／電歪デバイスのハンドリング性に優れることとなり、前記互いに対向する端面の存在により、可動部又は固定部の表面積が大きくなり、可動部に他の部品を取り付ける場合やデバイスを所定の固定箇所固定する場合に、その取付面積や固定面積を大きくとることができ、部品の取付性並びにデバイスの固定性を向上させることができる。

【0035】また、本発明は、相対向する一対の薄板部



と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも後に少なくとも前記孔部を形成するための窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、セラミック積層体を作製するセラミック積層体作製工程と、前記セラミック積層体のうち、前記薄板部となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子を形成する工程と、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する少なくとも1回の切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成する切除工程とを含むことを特徴とする。

【0036】これにより、圧電／電歪デバイスの製造において、特に、焼成によって、セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成したときに、圧電／電歪素子及び／又は薄板部に発生する内部残留応力を効果的に解放することができるため、セラミックグリーンシート積層法を用いて圧電／電歪デバイスを作製する場合において、デバイスの軽量化、中でも可動部又は固定部の軽量化、デバイスのハンドリング性、並びに可動部への部品の取付性、デバイスの固定性を向上させることができ、これにより、可動部を大きく変位することができる。

【0037】そして、前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成するための窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも前記互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成するようにしてもよい。

【0038】また、前記セラミック積層体作製工程は、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は前記固定部となる部分を形成するための窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、前記セラミック積層体を作製し、前記切除工程は、前記圧電／電歪素子が形成された前記セラミック積層体に対する切除処理によって、少なくとも互いに対向する端面が一部連結された前記可動部となる部分又は固定部となる部分を形成し、更に、前記連結部分を切除して互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部を形成するようにしてもよい。

【0039】これらの製造方法においては、前記切除工

程において、前記セラミック積層体に対する切除処理によって前記孔部を露出させることを併せて行うようにしてもよい。この場合、互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部の形成と孔部の形成を同時に行うようにしてもよく、その順番は問わない。

【0040】なお、前記互いに対向する端面の間に、前記可動部の構成部材と異なる部材を介在させる工程を含めるようにしてもよい。

【0041】従って、本発明に係る圧電／電歪デバイスによれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品（フィルタ）、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法の実施の形態例を図1～図36を参照しながら説明する。

【0043】ここで、圧電／電歪デバイスは、圧電／電歪素子により電気的エネルギーと機械的エネルギーとを相互に変換する素子を包含する概念である。従って、各種アクチュエータや振動子等の能動素子、特に、逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子として最も好適に用いられるほか、加速度センサ素子や衝撃センサ素子等の受動素子としても好適に使用され得る。

【0044】この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10は、図1に示すように、全体として長尺の直方体の形状を呈し、その長軸方向のほぼ中央部分に孔部12が設けられた基体14を有する。

【0045】基体14は、相対向する一対の薄板部16a及び16bと、可動部20と、前記一対の薄板部16a及び16b並びに可動部20を支持する固定部22とを具備し、少なくとも薄板部16a及び16bの各一部にそれぞれ圧電／電歪素子24a及び24bが形成されている。

【0046】この基体14については、全体をセラミックスもしくは金属を用いて構成されたもののほか、セラミックスと金属の材料で製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造としてもよい。

【0047】また、基体14は、各部を有機樹脂、ガラス等の接着剤で接着してなる構造、セラミックグリーン積層体を焼成により一体化してなるセラミック一体構造、ロウ付け、半田付け、共晶接合もしくは溶接等で一体化した金属一体構造等の構成を採用することができ、好ましくはセラミックグリーン積層体を焼成により一体化したセラミック積層体で基体14を構成することが望



ましい。

【0048】このようなセラミックスの一体化物は、各部の接合部に接着剤が介在しないことから、経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な構造であることに加え、後述するセラミックグリーンシート積層法により、容易に製造することが可能である。

【0049】そして、圧電／電歪素子24a及び24bは、後述のとおり別体として圧電／電歪素子24a及び24bを準備して、基体14に有機樹脂、ガラス等の接着剤や、ロウ付け、半田付け、共晶接合等で貼り付けられるほか、膜形成法を用いることにより、前記貼り付けではなく直接基体14に形成されることとなる。

【0050】また、この圧電／電歪デバイス10は、一对の薄板部16a及び16bの両内壁と可動部20の内壁20aと固定部22の内壁22aにより例えば矩形状の前記孔部12が形成され、前記圧電／電歪素子24a及び／又は24bの駆動によって可動部20が変位し、あるいは可動部20の変位を圧電／電歪素子24a及び／又は24bにより検出する構成を有する。

【0051】圧電／電歪素子24a及び24bは、圧電／電歪層26と、該圧電／電歪層26の両側に形成された一对の電極28及び30とを有して構成され、該一对の電極28及び30のうち、一方の電極28が少なくとも一对の薄板部16a及び16bに形成されている。

【0052】図1の例では、圧電／電歪素子24a及び24bを構成する一对の電極28及び30並びに圧電／電歪層26の各先端部がほぼ揃っており、この圧電／電歪素子24a及び24bの実質的駆動部分18（一对の電極28及び30が圧電／電歪層26を間に挟んで重なる部分）が固定部22の外表面の一部から薄板部16a及び16bの外表面の一部にかけて連続的に形成されている。特に、この例では、一对の電極28及び30の各先端部が可動部20の内壁20aよりもわずかに後端寄りに位置されている。もちろん、前記実質的駆動部分18が可動部20の一部から薄板部16a及び16bの一部にかけて位置するように圧電／電歪素子24a及び24bを形成するようにしてもよい。

【0053】そして、上述の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10においては、図1に示すように、可動部20に互いに対向する端面36a及び36bが形成されて構成されている。各端面36a及び36bは、可動部20の側面、即ち、素子形成面にほぼ平行な面であって、可動部20の上面から孔部12にかけて互いに分離されている。このとき、例えば図11に示すように、可動部20の中心軸nから各端面36a及び36bまでの距離La及びLbをほぼ等しくすることが好ましい。

【0054】また、これら端面36a及び36bの間には、例えば図1に示すように、空隙（空気）38を介在させるようにしてもよいし、図8に示す第7の変形例に

係る圧電／電歪デバイス10gのように、これら端面36a及び36bの間に前記可動部20の構成部材とは異なる部材、例えば樹脂等からなる部材40を介在させるようにしてもよい。

【0055】なお、一对の電極28及び30への電圧の印加は、各電極28及び30のうち、それぞれ固定部22の両側面（素子形成面）上に形成された端子（パッド）32及び34を通じて行われるようになっている。各端子32及び34の位置は、一方の電極28に対応する端子32が固定部22の後端寄りに形成され、外部空間側の他方の電極30に対応する端子34が固定部22の内壁22a寄りに形成されている。

【0056】この場合、圧電／電歪デバイス10の固定を、端子32及び34が配置された面とは別の面を利用してそれぞれ別個に行うことができ、結果として、圧電／電歪デバイス10の固定と、回路と端子32及び34間の電気的接続の双方に高い信頼性を得ることができる。この構成においては、フレキシブルプリント回路（FPCとも称される）、フレキシブルフラットケーブル（FFCとも称される）、ワイヤボンディング等によって端子32及び34と回路との電気的接続が行われる。

【0057】圧電／電歪素子24a及び24bの構成としては、図1に示す構成のほか、図2に示す第1の変形例に係る圧電／電歪デバイス10aのように、圧電／電歪素子24a及び24bを構成する一对の電極28及び30の各先端部を揃え、圧電／電歪層26の先端部のみを可動部20側に突出させるようにしてもよく、また、図3に示す第2の変形例に係る圧電／電歪デバイス10bのように、一方の電極28と圧電／電歪層26の各先端部を揃え、他方の電極30の先端部のみを固定部22寄りに位置させるようにしてもよい。この図3に示す圧電／電歪デバイス10bにおいては、可動部20の代わりに固定部22に互いに対向する端面36a及び36bを設けた例を示す。

【0058】その他、図4に示す第3の変形例に係る圧電／電歪デバイス10cのように、一方の電極28及び圧電／電歪層26の各先端部を可動部20の側面にまで延ばし、他方の電極30の先端部を薄板部16a及び16bの長さ方向（Z軸方向）のほぼ中央に位置させるようにしてもよい。

【0059】上述の例では、圧電／電歪素子24a及び24bを、1層構造の圧電／電歪層26と一对の電極28及び30で構成するようにしたが、その他、圧電／電歪素子24a及び24bを、圧電／電歪層26と一对の電極28及び30の複数を積層形態にして構成することも好ましい。

【0060】例えば図5に示す第4の変形例に係る圧電／電歪デバイス10dのように、圧電／電歪層26並びに一对の電極28及び30をそれぞれ多層構造とし、一

方の電極28と他方の電極30をそれぞれ交互に積層して、これら一対の電極28と他方の電極30が圧電／電歪層26を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分18）が多段構成とされた圧電／電歪素子24a及び24bとしてもよい。この図5では、圧電／電歪層26を3層構造とし、1層目の下面（薄板部16a及び16bの側面）と2層目の上面に一方の電極28をそれぞれ分離して形成し、1層目の上面と3層目の上面に他方の電極30をそれぞれ分離して形成し、更に、一方の電極28の各端部にそれぞれ端子32a及び32bを設け、他方の電極30の各端部にそれぞれ端子34a及び34bを設けた例を示している。

【0061】また、図6に示す第5の変形例に係る圧電／電歪デバイス10eのように、圧電／電歪層26並びに一対の電極28及び30をそれぞれ多層構造とし、一方の電極28と他方の電極30を断面ほぼ櫛歯状となるようにそれぞれ互い違いに積層し、これら一対の電極28と他方の電極30が圧電／電歪層26を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分18）が多段構成とされた圧電／電歪素子24a及び24bとしてもよい。この図6では、圧電／電歪層26を3層構造とし、一方の電極28が1層目の下面（薄板部16a及び16bの側面）と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極30が1層目の上面と3層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。この構成の場合、一方の電極28同士並びに他方の電極30同士をそれぞれつなぎ共通化することで、図5の構成と比べて端子32及び34の数を減らすことができるため、圧電／電歪素子24a及び24bの多層化に伴うサイズの大型化を抑えることができる。

【0062】また、図7に示すように、前記第5の変形例に係る圧電／電歪デバイス10eの他の例において、圧電／電歪素子24a及び24bを、その先端部が薄板部16a及び16b上にとどまるように形成するようにしてもよい。図7の例では、圧電／電歪素子24a及び24bの先端部を薄板部の長さ方向ほぼ中央部に位置された例を示す。この場合、可動部20を大きく変位させることができるという利点がある。

【0063】また、図8に示す第6の変形例に係る圧電／電歪デバイス10fのように、2つの多段構成の圧電／電歪素子24a1及び24b1をそれぞれ固定部22と薄板部16a及び16bとを跨るように形成し、他の2つの多段構成の圧電／電歪素子24a2及び24b2をそれぞれ可動部20と薄板部16a及び16bとを跨るように形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子24a及び24bを多段構成にする効果と、可動部20を変位させるための作用点が増えるという効果により、可動部20をきわめて大きく変位させることができ、また、高速応答性にも優れたものになり、好ましい。

【0064】また、図9に示す第7の変形例に係る圧電／電歪デバイス10gのように、圧電／電歪層26を2層構造とし、一方の電極28が1層目の下面（薄板部16a及び16bの側面）と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極30が1層目の上面に位置するように形成した多段構成の圧電／電歪素子24a及び24bとしてもよい。この例では、可動部20の端面36a及び36b間に可動部20とは異なる部材が充填されている。

【0065】このような圧電／電歪素子24a及び24bを多段構成とすることにより、圧電／電歪素子24a及び24bの発生力が増大し、もって大変位が図られると共に、圧電／電歪デバイス10自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化が容易に達成できる。

【0066】なお、段数を多くすれば、駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため、実際に実施する場合には、用途、使用状態に応じて適宜段数等を決めればよい。また、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10では、圧電／電歪素子24a及び24bを多段構造にして駆動力を上げても、基本的に薄板部16a及び16bの幅（Y軸方向の距離）は不変であるため、例えば非常に狭い間隙において使用されるハードディスク用磁気ヘッドの位置決め、リング制御等のアクチュエータに適用する上で非常に好ましいデバイスとなる。

【0067】上述の圧電／電歪素子24a及び24bにおいては、一対の電極28及び30間に圧電／電歪層26を介在させたいわゆるサンドイッチ構造で構成した場合を示したが、その他、図10に示すように、少なくとも薄板部16a及び16bの側面に形成された圧電／電歪層26の一主面に櫛型の一対の電極28及び30を形成するようにしてもよいし、図11に示すように、少なくとも薄板部16a及び16bの側面に形成された圧電／電歪層26に櫛型の一対の電極28及び30を埋め込んで形成するようにしてもよい。

【0068】図10に示す構造の場合、消費電力を低く抑えることができるという利点があり、図11に示す構造は、歪み、発生力の大きな電界方向の逆圧電効果を効果的に利用できる構造であることから、大変位の発生に有利になる。

【0069】具体的には、図10に示す圧電／電歪素子24a及び24bは、圧電／電歪層26の一主面に櫛型構造の一対の電極28及び30が形成されてなり、一方の電極28及び他方の電極30が互い違いに一定の幅の間隙29をもって相互に対向する構造を有する。図10では、一対の電極28及び30を圧電／電歪層26の一主面に形成した例を示したが、その他、薄板部16a及び16bと圧電／電歪層26との間に一対の電極28及び30を形成するようにしてもよいし、圧電／電歪層2

6の一主面並びに薄板部16a及び16bと圧電／電歪層26との間にそれぞれ櫛型の一对の電極28及び30を形成するようにしてもよい。

【0070】一方、図11に示す圧電／電歪素子24a及び24bは、圧電／電歪層26に埋め込まれるように、櫛型構造の一对の電極28及び30が形成され、一方の電極28及び他方の電極30が互い違いに一定の幅の間隙29をもって相互に対向する構造を有する。

【0071】このような図10及び図11に示すような圧電／電歪素子24a及び24bも本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10に好適に用いることができる。図10及び図11に示す圧電／電歪素子24a及び24bのように、櫛型の一对の電極28及び30を用いる場合は、各電極28及び30の櫛歯のピッチDを小さくすることで、圧電／電歪素子24a及び24bの変位を大きくすることが可能である。

【0072】ここで、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10の動作について説明する。まず、例えば2つの圧電／電歪素子24a及び24bが自然状態、即ち、圧電／電歪素子24a及び24bが共に変位動作を行っていない場合は、図12に示すように、圧電／電歪デバイス10の長軸（固定部の長軸）mと可動部20の中心軸nとがほぼ一致している。

【0073】この状態から、例えば図13Aの波形図に示すように、一方の圧電／電歪素子24aにおける一对の電極28及び30に所定のバイアス電位Vbを有するサイン波Waをかけ、図13Bに示すように、他方の圧電／電歪素子24bにおける一对の電極28及び30に前記サイン波Waとはほぼ180°位相の異なるサイン波Wbをかける。

【0074】そして、一方の圧電／電歪素子24aにおける一对の電極28及び30に対して例えば最大値の電圧が印加された段階においては、一方の圧電／電歪素子24aにおける圧電／電歪層26はその主面方向に収縮変位する。これにより、例えば図14に示すように、一方の薄板部16aに対し、矢印Aに示すように、該薄板部16aを例えば右方向に撓ませる方向の応力が発生することから、該一方の薄板部16aは、右方向に撓み、このとき、他方の圧電／電歪素子24bにおける一对の電極28及び30には、電圧は印加されていない状態となるため、他方の薄板部16bは一方の薄板部16aの撓みに追従して右方向に撓む。その結果、可動部20は、圧電／電歪デバイス10の長軸mに対して例えば右方向に変位する。なお、変位量は、各圧電／電歪素子24a及び24bに印加される電圧の最大値に応じて変化し、例えば最大値が大きくなるほど変位量も大きくなる。

【0075】特に、圧電／電歪層26の構成材料として、抗電界を有する圧電／電歪材料を適用した場合には、図13A及び図13Bの一点鎖線の波形に示すよう

に、最小値のレベルが僅かに負のレベルとなるように、前記バイアス電位を調整するようにしてもよい。この場合、該負のレベルが印加されている圧電／電歪素子（例えば他方の圧電／電歪素子24b）の駆動によって、例えば他方の薄板部16bに一方の薄板部16aの撓み方向と同じ方向の応力が発生し、可動部20の変位量をより大きくすることが可能となる。つまり、図13A及び図13Bにおける一点鎖線に示すような波形を使用することで、負のレベルが印加されている圧電／電歪素子24b又は24aが、変位動作の主体となっている圧電／電歪素子24a又は24bをサポートするという機能を持たせることができる。

【0076】なお、図8に示す圧電／電歪デバイス10fの例では、対角線上に配置された例えば圧電／電歪素子24a1と圧電／電歪素子24b2に、図13Aに示す電圧（サイン波形Wa参照）が印加され、他の圧電／電歪素子24a2と圧電／電歪素子24b1に、図13Bに示す電圧（サイン波形Wb参照）が印加される。

【0077】このように、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10においては、圧電／電歪素子24a及び24bの微小な変位が薄板部16a及び16bの撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて、可動部20に伝達することになるため、可動部20は、圧電／電歪デバイス10の長軸mに対して大きく変位させることが可能となる。

【0078】特に、この実施の形態では、可動部20に互いに対向する端面36a及び36bを設けるようにしている。この場合、互いに対向する端面36a及び36bの間を空隙38にしたり、前記互いに対向する端面36a及び36bの間に可動部20の構成部材よりも軽い部材40を介在させることで、可動部20の軽量化を有効に図ることができ、可動部20の変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる。

【0079】ここで、周波数とは、一对の電極28及び30に印加する電圧を交替的に切り換えて、可動部20を左右に変位させたときの電圧波形の周波数を示し、共振周波数とは、可動部20の変位動作が所定の振動モードで追従できる最大の周波数を示す。

【0080】また、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10においては、可動部20、薄板部16a及び16b並びに固定部22が一体化されており、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成する必要がないため、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れ、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受け難いという利点を有する。

【0081】更に、この実施の形態においては、互いに対向する端面36a及び36bの間を空隙38とした場合、一方の端面36aを含む可動部20の一部20Aと、他方の端面36bを含む可動部20の別の一部20

Bとが撓みやすくなり、変形に強くなる。そのため、圧電／電歪デバイス 10 のハンドリング性に優れることとなる。

【0082】また、前記互いに対向する端面 36 a 及び 36 b の存在により、可動部 20 又は固定部 22 の表面積が大きくなる。従って、図 1 に示すように、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する可動部 20 とした場合は、可動部 20 に他の部品を取り付ける場合に、その取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。ここで、部品を例えば接着剤等によって固着する場合を考えると、接着剤は可動部 20 の一主面（部品取付面）のほか端面 36 a 及び 36 b にまで行き渡ることとなるため、接着剤の塗布不足等を解消することが可能となり、部品を確実に固着することができる。

【0083】この一例として、図 15 に、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス（一方の圧電／電歪デバイス 10 A）の可動部 20 に別の本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス（他方の圧電／電歪デバイス 10 B）を固着した場合を示す。

【0084】一方の圧電／電歪デバイス 10 A は、その固定部 22 が接着剤 120 を介して基板 122 の表面に固着されている。この一方の圧電／電歪デバイス 10 A の可動部 20 には、他方の圧電／電歪デバイス 10 B の固定部 22 が接着剤 124 を介して固着されている。即ち、2 つの圧電／電歪デバイス 10 A 及び 10 B が直列に配置された構成となっている。なお、他方の圧電／電歪デバイスにおける可動部の互いに対向する端面間には可動部とは異なる軽量な部材 126 が介在されている。

【0085】この場合、一方の圧電／電歪デバイス 10 A における可動部 20 の端面 36 a 及び 36 b の間にまで、他方の圧電／電歪デバイス 10 B を固着するための接着剤 124 が行き渡っており、これにより、他方の圧電／電歪デバイス 10 B は一方の圧電／電歪デバイス 10 A に対して強固に固着されることになる。また、このように圧電／電歪デバイス 10 B を接着すれば、接着と同時に端面 36 a 及び 36 b 間に可動部 20 とは異なる軽量な部材（この例では接着剤 124）を介在させることができるため、製造工程が簡略化できるという利点がある。

【0086】一方、図 3 に示すように、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する固定部 22 とした場合は、前述した可動部 20 に互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する場合の効果に加え、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 を所定の固定部分に強固に固定することが可能となり、信頼性の向上を図ることができる。

【0087】また、この第 1 の実施の形態においては、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を、圧電／電歪層 26 と、該圧電／電歪層 26 の両側に形成された一対の電極

28 及び 30 とを有して構成し、一対の電極 28 及び 30 のうち、一方の電極 28 を少なくとも薄板部 16 a 及び 16 b の外表面に形成するようにしたので、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b による振動を薄板部 16 a 及び 16 b を通じて効率よく可動部 20 に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。

【0088】また、この第 1 の実施の形態においては、一対の電極 28 及び 30 が圧電／電歪層 26 を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分 18）を固定部 22 の一部から薄板部 16 a 及び 16 b の一部にかけて連続的に形成するようにしている。実質的駆動部分 18 を更に可動部 20 の一部にかけて形成した場合、可動部 20 の変位動作が前記実質的駆動部分 18 によって制限され、大きな変位を得ることができなくなるおそれがあるが、この実施の形態では、前記実質的駆動部分 18 を可動部 20 と固定部 22 の両方にかけないように形成しているため、可動部 20 の変位動作が制限されるという不都合が回避され、可動部 20 の変位量を大きくすることができる。

【0089】逆に、可動部 20 の一部に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成する場合は、前記実質的駆動部分 18 が可動部 20 の一部から薄板部 16 a 及び 16 b の一部にかけて位置させるように形成することが好ましい。これは、実質的駆動部分 18 が固定部 22 の一部にまでわたって形成されると、上述したように、可動部 20 の変位動作が制限されるからである。

【0090】次に、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 の好ましい構成例について説明する。

【0091】まず、可動部 20 の変位動作を確実なものとするために、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の実質的駆動部分 18 が固定部 22 もしくは可動部 20 にかかる距離  $g$  を薄板部 16 a 及び 16 b の厚み  $d$  の  $1/2$  以上とすることが好ましい。

【0092】そして、薄板部 16 a 及び 16 b の内壁間の距離（X 軸方向の距離） $a$  と薄板部 16 a 及び 16 b の幅（Y 軸方向の距離） $b$  との比  $a/b$  が 0.5～2.0 となるように構成する。前記比  $a/b$  は、好ましくは 1～1.0 とされ、更に好ましくは 2～8 とされる。この比  $a/b$  の規定値は、可動部 20 の変位量を大きくし、X-Z 平面内での変位を支配的に得られることの発見に基づく規定である。

【0093】一方、薄板部 20 の長さ（Z 軸方向の距離） $e$  と薄板部 16 a 及び 16 b の内壁間の距離  $a$  との比  $e/a$  においては、好ましくは 0.5～1.0 とされ、更に好ましくは 0.7～5 とすることが望ましい。この比  $e/a$  の規定値は、可動部 20 の変位量を大きくでき、かつ、高い共振周波数で変位動作を行うことができる（高い応答速度を達成できる）という発見に基づく規定である。

【0094】従って、この実施の形態に係る圧電／電歪

デバイス10をY軸方向への煽り変位、あるいは振動を抑制し、かつ、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を併せ持つ構造とするには、比 $a/b$ を0.5~20とし、かつ、比 $e/a$ を0.5~10にすることが好ましく、更に好ましくは比 $a/b$ を1~10とし、かつ、比 $e/a$ を0.7~5にすることである。

【0095】更に、孔部12にゲル状の材料、例えばシリコンゲルを充填することが好ましい。通常は、充填材の存在によって、可動部20の変位動作が制限を受けることになるが、この第1の実施の形態では、可動部20への端面36a及び36bの形成に伴う軽量化や可動部20の変位量の増大化を図るようにしているため、前記充填材による可動部20の変位動作の制限が打ち消され、充填材の存在による効果、即ち、高共振周波数化や剛性の確保を実現させることができる。

【0096】また、可動部20の長さ(Z軸方向の距離) $f$ は、短いことが好ましい。短くすることで軽量化と共振周波数の増大が図られるからである。しかしながら、可動部20のX軸方向の剛性を確保し、その変位を確実にものとするためには、薄板部16a及び16bの厚み $d$ との比 $f/d$ を3以上、好ましくは10以上とすることが望ましい。

【0097】なお、各部の実寸法は、可動部20への部品の取り付けのための接合面積、固定部22を他の部材に取り付けるための接合面積、電極用端子などの取り付けのための接合面積、圧電/電歪デバイス10全体の強度、耐久度、必要な変位量並びに共振周波数、そして、駆動電圧等を考慮して定められることになる。

【0098】具体的には、例えば薄板部16a及び16bの内壁間の距離 $a$ は、 $100\mu\text{m}$ ~ $2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $200\mu\text{m}$ ~ $1000\mu\text{m}$ である。薄板部16a及び16bの幅 $b$ は、 $50\mu\text{m}$ ~ $2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $100\mu\text{m}$ ~ $500\mu\text{m}$ である。薄板部16a及び16bの厚み $d$ は、Y軸方向への変位成分である煽り変位が効果的に抑制できるように、薄板部16a及び16bの幅 $b$ との関係において $b>d$ とされ、かつ、 $2\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $4\mu\text{m}$ ~ $50\mu\text{m}$ である。

【0099】薄板部16a及び16bの長さ $e$ は、 $200\mu\text{m}$ ~ $3000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $300\mu\text{m}$ ~ $2000\mu\text{m}$ である。可動部20の長さ $f$ は、 $50\mu\text{m}$ ~ $2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $100\mu\text{m}$ ~ $1000\mu\text{m}$ である。

【0100】このような構成にすることにより、X軸方向の変位に対してY軸方向の変位が10%を超えないが、上述の寸法比率と実寸法の範囲で適宜調整を行うことで低電圧駆動が可能で、Y軸方向への変位成分を5%以下に抑制できるというきわめて優れた効果を示す。つまり、可動部20は、実質的にX軸方向という1軸方向に変位することになり、しかも、高速応答性に優れ、相

対的に低電圧で大きな変位を得ることができる。

【0101】また、この圧電/電歪デバイス10においては、デバイスの形状が従来のような板状ではなく、可動部20と固定部22が直方体の形状を呈しており、可動部20と固定部22の側面が連続するように一対の薄板部16a及び16bが設けられているため、圧電/電歪デバイス10のY軸方向の剛性を選択的に高くすることができる。

【0102】即ち、この圧電/電歪デバイス10では、平面内(XZ平面内)における可動部20の動作のみを選択的に発生させることができ、可動部20のYZ面内の動作(いわゆる煽り方向の動作)を抑制することができる。

【0103】次に、この実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10の各構成要素について説明する。

【0104】可動部20は、上述したように、薄板部16a及び16bの駆動量に基づいて作動する部分であり、圧電/電歪デバイス10の使用目的に応じて種々の部材が取り付けられる。例えば、圧電/電歪デバイス10を変位素子として使用する場合であれば、光シャッタの遮蔽板等が取り付けられ、特に、ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めやリング抑制機構に使用するのであれば、磁気ヘッド、磁気ヘッドを有するスライダ、スライダを有するサスペンション等の位置決めを必要とする部材が取り付けられる。

【0105】固定部22は、上述したように、薄板部16a及び16b並びに可動部20を支持する部分であり、固定部22を例えば前記ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めに利用する場合には、VCM(ボイスコイルモータ)に取り付けられキャリッジアーム、該キャリッジアームに取り付けられた固定プレート又はサスペンション等に支持固定することにより、圧電/電歪デバイス10の全体が固定される。また、この固定部22には、図1に示すように、圧電/電歪素子24a及び24bを駆動するための端子32及び34その他の部材が配置される場合もある。

【0106】可動部20及び固定部22を構成する材料としては、剛性を有する限りにおいて特に限定されないが、後述するセラミックグリーンシート積層法を適用できるセラミックスを好適に用いることができる。具体的には、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニアをはじめとするジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化チタンを主成分とする材料等が挙げられるほか、これらの混合物を主成分とした材料が挙げられるが、機械的強度や靱性が高い点において、ジルコニア、特に安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料が好ましい。また、金属材料においては、剛性を有する限り、限定されないが、ステンレス鋼、ニッケル等が挙げられる。



【0107】薄板部 16a 及び 16b は、上述したように、圧電／電歪素子 24a 及び 24b の変位により駆動する部分である。薄板部 16a 及び 16b は、可撓性を有する薄板状の部材であって、表面に配設された圧電／電歪素子 24a 及び 24b の伸縮変位を屈曲変位として増幅して、可動部 20 に伝達する機能を有する。従って、薄板部 16a 及び 16b の形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、可動部 20 の応答性、操作性を考慮して適宜選択することができる。

【0108】薄板部 16a 及び 16b の厚み d は、 $2\mu\text{m}$  ～  $100\mu\text{m}$  程度とすることが好ましく、薄板部 16a 及び 16b と圧電／電歪素子 24a 及び 24b とを合わせた厚みは  $7\mu\text{m}$  ～  $500\mu\text{m}$  とすることが好ましい。電極 28 及び 30 の厚みは  $0.1\sim 50\mu\text{m}$ 、圧電／電歪層 26 の厚みは  $3\sim 300\mu\text{m}$  とすることが好ましい。また、薄板部 16a 及び 16b の幅 b としては、 $50\mu\text{m}$  ～  $2000\mu\text{m}$  が好適である。

【0109】薄板部 16a 及び 16b を構成する材料としては、可動部 20 や固定部 22 と同様のセラミックスを好適に用いることができ、ジルコニア、中でも安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料は、薄肉であっても機械的強度が大きいこと、靱性が高いこと、圧電／電歪層や電極材との反応性が小さいことから最も好適に用いられる。

【0110】また、金属材料で構成する場合にも、前述のとおり、可撓性を有し、屈曲変形が可能な金属材料であればよいが、好ましくは、鉄系材料としては、各種ステンレス鋼、各種バネ鋼鋼材で構成することが望ましく、非鉄系材料としては、ベリリウム銅、リン青銅、ニッケル、ニッケル鉄合金で構成することが望ましい。

【0111】前記安定化ジルコニア並びに部分安定化ジルコニアにおいては、次のように安定化並びに部分安定化されたものが好ましい。即ち、ジルコニアを安定化並びに部分安定化させる化合物としては、酸化イットリウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、酸化カルシウム、及び酸化マグネシウムがあり、少なくともそのうちの 1 つの化合物を添加、含有させることにより、ジルコニアは部分的にあるいは完全に安定することになるが、その安定化は、1 種類の化合物の添加のみならず、それら化合物を組み合わせることで添加することによっても、目的とするジルコニアの安定化は可能である。

【0112】なお、それぞれの化合物の添加量としては、酸化イットリウムや酸化イッテルビウムの場合にあっては、 $1\sim 30$  モル％、好ましくは  $1.5\sim 10$  モル％、酸化セリウムの場合にあっては、 $6\sim 50$  モル％、好ましくは  $8\sim 20$  モル％、酸化カルシウムや酸化マグネシウムの場合にあっては、 $5\sim 40$  モル％、好ましくは  $5\sim 20$  モル％とすることが望ましいが、その中でも特に酸化イットリウムを安定化剤として用いることが好

ましく、その場合においては、 $1.5\sim 10$  モル％、更に好ましくは  $2\sim 4$  モル％とすることが望ましい。また、焼結助剤等の添加物としてアルミナ、シリカ、遷移金属酸化物等を  $0.05\sim 20\text{wt}\%$  の範囲で添加することが可能であるが、圧電／電歪素子 24a 及び 24b の形成手法として、膜形成法による焼成一体化を採用する場合は、アルミナ、マグネシア、遷移金属酸化物等を添加物として添加することも好ましい。

【0113】なお、機械的強度と安定した結晶相が得られるように、ジルコニアの平均結晶粒子径を  $0.05\sim 3\mu\text{m}$ 、好ましくは  $0.05\sim 1\mu\text{m}$  とすることが望ましい。また、上述のように、薄板部 16a 及び 16b については、可動部 20 並びに固定部 22 と同様のセラミックスを用いることができるが、好ましくは、実質的に同一の材料を用いて構成することが、接合部分の信頼性、圧電／電歪デバイス 10 の強度、製造の煩雑さの低減を図る上で有利である。

【0114】圧電／電歪素子 24a 及び 24b は、少なくとも圧電／電歪層 26 と、該圧電／電歪層 26 に電界をかけるための一対の電極 28 及び 30 を有するものであり、ユニモルフ型、バイモルフ型等の圧電／電歪素子を用いることができるが、ユニモルフ型の方が、発生する変位量の安定性に優れ、軽量化に有利であるため、このような圧電／電歪デバイス 10 に適している。

【0115】例えば、図 1 に示すように、一方の電極 28、圧電／電歪層 26 及び他方の電極 30 が層状に積層された圧電／電歪素子等を好適に用いることができるほか、図 5 ～ 図 9 に示すように、多段構成にしてもよい。

【0116】前記圧電／電歪素子 24a 及び 24b は、図 1 に示すように、圧電／電歪デバイス 10 の外面側に形成する方が薄板部 16a 及び 16b をより大きく駆動させることができる点で好ましいが、使用形態などに応じて、圧電／電歪デバイス 10 の内面側、即ち、孔部 12 の内壁面に形成してもよく、圧電／電歪デバイス 10 の外面側、内面側の双方に形成してもよい。

【0117】圧電／電歪層 26 には、圧電セラミックスが好適に用いられるが、電歪セラミックスや強誘電体セラミックス、あるいは反強誘電体セラミックスを用いることも可能である。但し、この圧電／電歪デバイス 10 をハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決め等に用いる場合は、可動部 20 の変位量と駆動電圧又は出力電圧とのリニアリティが重要とされるため、歪み履歴の小さい材料を用いることが好ましく、抗電界が  $10\text{ kV/mm}$  以下の材料を用いることが好ましい。

【0118】具体的な材料としては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロン

チウムビスマス等を単独であるいは混合物として含有するセラミックスが挙げられる。

【0119】特に、高い電気機械結合係数と圧電定数有し、圧電／電歪層26の焼結時における薄板部16a及び16b（セラミックス）との反応性が小さく、安定した組成のものが得られる点において、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、及びマグネシウムニオブ酸鉛を主成分とする材料、もしくはチタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。

【0120】更に、前記材料に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セリウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、スズ等の酸化物等を単独で、もしくは混合したセラミックスを用いてもよい。

【0121】例えば、主成分であるジルコン酸鉛とチタン酸鉛及びマグネシウムニオブ酸鉛に、ランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整可能となる等の利点を得られる場合がある。

【0122】なお、シリカ等のガラス化し易い材料の添加は避けることが望ましい。なぜならば、シリカ等の材料は、圧電／電歪層の熱処理時に、圧電／電歪材料と反応し易く、その組成を変動させ、圧電特性を劣化させるからである。

【0123】一方、圧電／電歪素子24a及び24bの一方の電極28及び30は、室温で固体であり、導電性に優れた金属で構成されていることが好ましく、例えばアルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属単体、もしくはこれらの合金が用いられ、更に、これらに圧電／電歪層26あるいは薄板部16a及び16bと同じ材料を分散させたサーメット材料を用いてもよい。

【0124】圧電／電歪素子24a及び24bにおける電極28及び30の材料選定は、圧電／電歪層26の形成方法に依存して決定される。例えば薄板部16a及び16b上に一方の電極28を形成した後、該一方の電極28上に圧電／電歪層26を焼成により形成する場合は、一方の電極28には、圧電／電歪層26の焼成温度においても変化しない白金、パラジウム、白金-パラジウム合金、銀-パラジウム合金等の高融点金属を使用する必要があるが、圧電／電歪層26を形成した後に、該圧電／電歪層26上に形成される他方の電極30は、低温で電極形成を行うことができるため、アルミニウム、金、銀等の低融点金属を使用することができる。

【0125】また、電極28及び30の厚みは、少なくとも圧電／電歪素子24a及び24bの変位を低下させる要因ともなるため、特に圧電／電歪層26の焼成後に

形成される電極には、焼成後に緻密でより薄い膜が得られる有機金属ペースト、例えば金レジネートペースト、白金レジネートペースト、銀レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。

【0126】次に、この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10のいくつかの製造方法を図15A～図27を参照しながら説明する。

【0127】この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10は、各部材の構成材料をセラミックスとし、圧電／電歪デバイス10の構成要素として、圧電／電歪素子24a及び24bを除く基体14、即ち、薄板部16a及び16b、固定部22及び可動部20についてはセラミックグリーンシート積層法を用いて製造することが好ましく、一方、圧電／電歪素子24a及び24bをはじめとして、各端子32及び34については、薄膜や厚膜等の膜形成手法を用いて製造することが好ましい。

【0128】圧電／電歪デバイス10の基体14における各部材を一体的に成形することが可能なセラミックグリーンシート積層法によれば、各部材の接合部の経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な方法である。

【0129】この実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10では、薄板部16a及び16bと固定部22との境界部分（接合部分）並びに薄板部16a及び16bと可動部20との境界部分（接合部分）は、変位発現の支点となるため、接合部分の信頼性は圧電／電歪デバイス10の特性を左右する重要なポイントである。

【0130】また、以下に示す製造方法は、生産性や成形性に優れるため、所定形状の圧電／電歪デバイスを短時間に、かつ、再現性よく得ることができる。

【0131】以下、具体的に本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10の第1の製造方法について説明する。ここで、定義付けをしておく。セラミックグリーンシートを積層して得られた積層体をセラミックグリーン積層体58（例えば図16B参照）と定義し、このセラミックグリーン積層体58を焼成して一体化したものをセラミック積層体60（例えば図17参照）と定義し、このセラミック積層体60から不要な部分を切除して可動部20、薄板部16a及び16b並びに固定部22が一体化されたものをセラミック基体14C（図18参照）と定義する。

【0132】また、この第1の製造方法においては、最終的にセラミック積層体60をチップ単位に切断して、圧電／電歪デバイス10を多数個取りするものであるが、説明を簡単にするために、圧電／電歪デバイス10の1個取りを主体にして説明する。

【0133】まず、ジルコニア等のセラミック粉末にバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を添加混合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、リバースロールコーター法、ドクターブレード法等の方法により、所定の厚み



を有するセラミックグリーンシートを作製する。

【0134】次に、金型を用いた打抜加工やレーザ加工等の方法により、セラミックグリーンシートを図16Aのような種々の形状に加工して、複数枚の基体形成用のセラミックグリーンシート50A~50D、52A及び52Bを得る。

【0135】これらセラミックグリーンシート50A~50D、52A及び52Bは、少なくとも後に孔部12を形成する窓部54が形成された複数枚（例えば4枚）のセラミックグリーンシート50A~50Dと、後に薄板部16a及び16bとなる複数枚（例えば2枚）のセラミックグリーンシート52A及び52Bとを有する。なお、セラミックグリーンシートの枚数は、あくまでも一例である。

【0136】その後、図16Bに示すように、セラミックグリーンシート52A及び52Bでセラミックグリーンシート50A~50Dを挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート50A~50D、52A及び52Bを積層・圧着して、セラミックグリーン積層体58とした後、該セラミックグリーン積層体58を焼成してセラミック積層体60（図17参照）を得る。

【0137】なお、積層一体化のための圧着回数や順序は限定されない。構造に応じて、例えば窓部54の形状、セラミックグリーンシートの枚数等により所望の構造を得るように適宜決めることができる。

【0138】窓部54の形状は、すべて同一である必要はなく、所望の機能に応じて決定することができる。また、セラミックグリーンシートの枚数、各セラミックグリーンシートの厚みも特に限定されない。

【0139】圧着は、熱を加えることで、より積層性を向上させることができる。また、セラミック粉末（セラミックグリーンシートに使用されたセラミックスと同一又は類似した組成であると、信頼性確保の点で好ましい）、バインダを主体としたペースト、スラリー等をセラミックグリーンシート上に塗布、印刷して、接合補助層とすることで、セラミックグリーンシート界面の積層性を向上させることができる。なお、セラミックグリーンシート52A及び52Bが薄い場合には、プラスチックフィルム、中でも表面にシリコン系の離型剤をコーティングしたポリエチレンテレフタレートフィルムを用いて取り扱うことが好ましい。

【0140】次に、図17に示すように、前記セラミック積層体60の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bが積層された表面に相当する表面にそれぞれ圧電／電歪素子24a及び24bを形成する。圧電／電歪素子24a及び24bの形成法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着、イオンプレーティング法、化学気相成長法（CVD）、めっき等の薄膜形成法を用いることがで

きる。

【0141】このような膜形成法を用いて圧電／電歪素子24a及び24bを形成することにより、接着剤を用いることなく、圧電／電歪素子24a及び24bと薄板部16a及び16bとを一体的に接合、配設することができ、信頼性、再現性を確保できると共に、集積化を容易にすることができる。

【0142】この場合、厚膜形成法により圧電／電歪素子24a及び24bを形成することが好ましい。特に、圧電／電歪層26の形成において厚膜形成法を用いれば、平均粒径0.01~5 $\mu$ m、好ましくは0.05~3 $\mu$ mの圧電セラミックスの粒子、粉末を主成分とするペーストやスラリー、又はサスペンションやエマルジョン、ゾル等を用いて膜化することができ、それを焼成することによって良好な圧電／電歪特性を得ることができるからである。

【0143】なお、電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成できるという利点がある。また、スクリーン印刷法は、膜形成とパターン形成とを同時にできるため、製造工程の簡略化に有利である。

【0144】具体的に、圧電／電歪素子24a及び24bの形成について説明する。まず、セラミックグリーン積層体58を1200℃~1600℃の温度で焼成、一体化してセラミック積層体60を得た後、該セラミック積層体60の両表面の所定位置に一方の電極28を印刷、焼成し、次いで、圧電／電歪層26を印刷、焼成し、更に、他方の電極30を印刷、焼成して圧電／電歪素子24a及び24bを形成する。その後、各電極28及び30を駆動回路に電気的に接続するための端子32及び34を印刷、焼成する。

【0145】ここで、一方の電極28として白金（Pt）、圧電／電歪層26としてジルコン酸チタン酸鉛（PZT）、他方の電極30として金（Au）、更に、端子32及び34として銀（Ag）というように、各部材の焼成温度が積層順に従って低くなるように材料を選定すると、ある焼成段階において、それより以前に焼成された材料の再焼結が起こらず、電極材等の剥離や凝集といった不具合の発生を回避することができる。

【0146】なお、適当な材料を選択することにより、圧電／電歪素子24a及び24bの各部材と端子32及び34を逐次印刷して、1回で一体焼成することも可能であり、圧電／電歪層26を形成した後に低温で各電極30等を設けることもできる。

【0147】また、圧電／電歪素子24a及び24bの各部材と端子32及び34は、スパッタ法や蒸着法等の薄膜形成法によって形成してもよく、この場合には、必ずしも熱処理を必要としない。

【0148】圧電／電歪素子24a及び24bの形成においては、セラミックグリーン積層体58の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bの各表

面に予め圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成しておき、該セラミックグリーン積層体 58 と圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b とを同時に焼成することも好ましく行われる。同時焼成にあたっては、セラミックグリーン積層体 58 と圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b のすべての構成膜に対して焼成を行うようにしてもよく、一方の電極 28 とセラミックグリーン積層体 58 とを同時焼成したり、他方の電極 30 を除く他の構成膜とセラミックグリーン積層体 58 とを同時焼成する方法等が挙げられる。

【0149】圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b とセラミックグリーン積層体 58 とを同時焼成する方法としては、スラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電／電歪層 26 の前駆体を成形し、この焼成前の圧電／電歪層 26 の前駆体をセラミックグリーン積層体 58 の表面上に熱圧着等で積層し、同時に焼成して可動部 20、薄板部 16 a 及び 16 b、圧電／電歪層 26、固定部 22 とを同時に作製する方法が挙げられる。但し、この方法では、上述した膜形成法を用いて、セラミックグリーン積層体 58 の表面及び／又は圧電／電歪層 26 に予め

電極 28 を形成しておく必要がある。

【0150】その他の方法としては、セラミックグリーン積層体 58 の少なくとも最終的に薄板部 16 a 及び 16 b となる部分にスクリーン印刷により圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の各構成層である電極 28 及び 30、圧電／電歪層 26 を形成し、同時に焼成することが挙げられる。

【0151】圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の構成膜の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜決定されるが、一般には、500℃～1500℃であり、圧電／電歪層 26 に対しては、好ましくは 1000℃～1400℃である。この場合、圧電／電歪層 26 の組成を制御するためには、圧電／電歪層 26 の材料の蒸発源の存在下に焼結することが好ましい。なお、圧電／電歪層 26 とセラミックグリーン積層体 58 を同時焼成する場合には、両者の焼成条件を合わせることが必要である。圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b は、必ずしもセラミック積層体 60 もしくはセラミックグリーン積層体 58 の両面に形成されるものではなく、片面のみでももちろんよい。

【0152】次に、上述のようにして、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成されたセラミック積層体 60 のうち、不要な部分を切除する。切除する位置は、セラミック積層体 60 の側部、特に、該切除によってセラミック積層体 60 の側面に窓部 54 による孔部 12 が形成される箇所（切断線 C1 及び C2 参照）である。

【0153】次いで、図 18 に示すように、可動部 20 となる部分の中心部分 20 b を切断線 C3 及び C4 に沿って切断して除去して、可動部 20、薄板部 16 a 及び 16 b 並びに固定部 22 が一体化されたセラミック基体

14 に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成された圧電／電歪デバイス 10 を作製する。切除の方法としては、ダイシング加工、ワイヤソー加工等の機械加工のほか、YAG レーザ、エキシマレーザ等のレーザ加工や電子ビーム加工を適用することが可能である。

【0154】ところで、上述の圧電／電歪デバイスの製造方法においては、一体焼成によって薄板部 16 a 及び 16 b 上に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成するようにしているため、図 19 A に示すように、焼成時に生じる圧電／電歪層 26 の収縮や一对の電極 28 及び 30 と圧電／電歪層 26 並びに薄板部 16 a 及び 16 b との熱膨張率の違い等によって、例えば、薄板部 16 a 及び 16 b 並びに圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b は、孔部 12 に向かって凸となるようにわずかに変位し、形状的に歪みが生じた状態となり、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b（特に圧電／電歪層 26）や薄板部 16 a 及び 16 b に内部残留応力が発生しやすくなる。

【0155】この薄板部 16 a 及び 16 b や圧電／電歪層 26 での内部残留応力の発生は、上述した一体焼成のほか、薄板部 16 a 及び 16 b に別体の圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を例えば接着剤で貼り合わせる場合にも生じる。即ち、接着剤を固定化もしくは硬化する際に、接着剤等の硬化収縮によって薄板部 16 a 及び 16 b や圧電／電歪層 26 に内部残留応力が発生することとなる。更に、その固定化もしくは硬化に加熱が必要な場合には、残留応力が大きなものとなる。

【0156】この状態で圧電／電歪デバイス 10 を使用すると、圧電／電歪層 26 に所定電界を生じさせても、可動部 20 において所望の変位を示さない場合がある。これは、圧電／電歪層 26 の材料特性及び可動部 20 の変位動作が、前記薄板部 16 a 及び 16 b や圧電／電歪層 26 に発生している内部残留応力によって阻害されているからである。

【0157】そこで、この第 1 の製造方法では、図 19 A に示すように、可動部 20 の中心部分 20 b を所定幅 W1（例えば 100 μm）だけ切除するようにしている。この中心部分 20 b の切除によって、図 19 B に示すように、可動部 20 に互いに対向する端面 36 a 及び 36 b が形成されるが、薄板部 16 a 及び 16 b や圧電／電歪層 26 に発生していた内部残留応力によって、これら端面 36 a 及び 36 b が互いに近づく方向に移動し、移動後の各端面 36 a 及び 36 b の幅は、前記所定幅 W1 よりも短い例えば第 2 の所定幅 W2（例えば 30 μm）となる。

【0158】これら端面 36 a 及び 36 b の移動は、薄板部 16 a 及び 16 b や圧電／電歪層 26 に発生していた内部残留応力の解放に伴うものである。内部残留応力を解放した状態で圧電／電歪デバイス 10 を使用すると、可動部は、ほぼ設計通りの変位動作を示し、良好なデバイス特性を示すこととなる。この効果は、固定部 2

2 となる部分の一部を切除して、例えば図 3 に示すように、固定部 22 に互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を形成した場合においても同様であり、この場合は、薄板部 16 a 及び 16 b や圧電／電歪層 26 に発生していた内部残留応力が、固定部 22 に形成された互いに対向する端面 36 a 及び 36 b の移動によって解放されることとなる。なお、対向する端面 36 a 及び 36 b については、必ずしも可動部 20 もしくは固定部 22 の中心部分の切除のみならず、中心からそれた部分を切除して形成することによっても同様の効果が得られる。

【0159】図 17 に示す切除や図 18 に示す切除に当たっては、切除後に 300～800℃で加熱処理することが好ましい。これは、加工によりデバイス内にマイクロクラック等の欠陥が生じやすいが、前記熱処理によって前記欠陥を取り除くことができ、信頼性が向上するからである。更に、前記熱処理後に 80℃程度の温度で少なくとも 10 時間程度放置し、エージング処理を施すことが好ましい。このエージング処理で、製造過程の中で受けた種々の応力等を更に緩和でき、特性の向上に寄与するからである。

【0160】次に、第 2 の製造方法について図 20 A～図 22 を参照しながら説明する。まず、図 20 A に示すように、少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部 54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50 A～50 D と、後に孔部 12 を形成する窓部 54 と互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する可動部 20 を形成するための窓部 100 とが連続形成されたセラミックグリーンシート 102 と、後に薄板部 16 a 及び 16 b となる複数枚（例えば 2 枚）のセラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B とを用意する。

【0161】その後、図 20 B に示すように、セラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B でセラミックグリーンシート 50 A～50 D 及び 102 を挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート 50 A～50 D、52 A 及び 52 B 及び 102 を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 58 とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート 102 を中央に位置させて積層する。このとき、窓部 100 の存在により、圧着時に圧力がかからない部位が発生するため、積層、圧着の順番等を変更し、そのような部位が生じないようにする必要がある。これは、後述する第 3 及び第 4 の製造方法でも同様である。その後、セラミックグリーン積層体 58 を焼成してセラミック積層体 60（図 21 参照）を得る。

【0162】次に、図 21 に示すように、前記セラミック積層体 60 の両表面、即ち、セラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B が積層された表面に相当する表面に、それぞれ多層構造の圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成し、焼成によって圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b をセラミック積層体 60 に一体化させる。もちろん、圧

電／電歪素子は片側の表面のみに形成してもよい。これは、後述する第 3 及び第 4 の製造方法でも同様である。

【0163】次に、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成されたセラミック積層体 60 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、セラミック積層体 60 の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 22 に示すように、セラミック基体 14 C に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成され、かつ、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する可動部 20 が形成された圧電／電歪デバイス 10 を得る。切断のタイミングは、切断線 C1 及び C2 に沿って切断した後に切断線 C5 に沿って切断してもよく、切断線 C5 に沿って切断した後に切断線 C1 及び C2 に沿って切断してもよい。もちろん、これらの切断を同時に行うようにしてもよい。

【0164】この第 2 の製造方法においては、セラミック積層体 60 から不要な部分を切除したと同時に、セラミック基体 14 C に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成され、かつ、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する可動部 20 が形成された圧電／電歪デバイス 10 を得ることができるため、製造工程の簡略化を図ることができる。同時に、圧電／電歪デバイス 10 の歩留まりを向上させることができる。

【0165】次に、第 3 の製造方法について図 23 A～図 25 を参照しながら説明する。まず、図 23 A に示すように、少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部 54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50 A～50 D と、後に孔部 12 を形成する窓部 54 と互いに対向する端面 36 a 及び 36 b が一部連結された可動部 20 となる部分 20 D を形成するための窓部 104 とが連続形成され、窓部 54 に向かって一部張り出した張出し部 106 が形成されたセラミックグリーンシート 108 と、後に薄板部 16 a 及び 16 b となる複数枚（例えば 2 枚）のセラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B とを用意する。

【0166】その後、図 23 B に示すように、セラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B でセラミックグリーンシート 50 A～50 D、108 を挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート 50 A～50 D、52 A 及び 52 B、108 を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 58 とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート 108 を中央に位置させて積層する。その後、セラミックグリーン積層体 58 を焼成してセラミック積層体 60（図 24 参照）を得る。

【0167】次に、図 24 に示すように、前記セラミック積層体 60 の両表面、即ち、セラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B が積層された表面に相当する表面に、それぞれ多層構造の圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成し、焼成によって圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b をセラミック積層体 60 に一体化させる。

【0168】次に、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成されたセラミック積層体 60 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、セラミック積層体の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 25 に示すように、固定部 22 と薄板部 16 a 及び 16 b 並びに圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b は形作られるが、可動部 20 となる部分 20 D は互いに対向する端面 36 a 及び 36 b が張出し部 106 によって一部連結された状態となっている。

【0169】次に、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を一部連結している前記張出し部 106 を切除して、可動部 20、薄板部 16 a 及び 16 b 並びに固定部 22 が一体化されたセラミック基体 14 C に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成された圧電／電歪デバイス 10 を作製する。

【0170】この第 3 の製造方法においては、最終段階において、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を一部連結している細い張出し部 106 を切除すればよい。ため、簡単に、かつ、確実に切除することができ、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス 10 の歩留まりを向上させることができる。

【0171】次に、第 4 の製造方法について図 26 A ～ 図 28 を参照しながら説明する。まず、図 26 A に示すように、少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部 54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50 A ～ 50 D と、後に孔部 12 となる窓部 54 と互いに対向する端面 36 a 及び 36 b が一部連結された可動部 20 となる部分 20 D を形成するための窓部 110 とが形成され、窓部 54 と窓部 110 を分離するように棧部 112 が形成されたセラミックグリーンシート 114 と、後に薄板部 16 a 及び 16 b となる複数枚（例えば 2 枚）のセラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B とを用意する。

【0172】その後、図 26 B に示すように、セラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B でセラミックグリーンシート 50 A ～ 50 D、114 を挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシート 50 A ～ 50 D、52 A 及び 52 B、114 を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 58 とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート 114 を中央に位置させて積層する。その後、セラミックグリーン積層体 58 を焼成してセラミック積層体 60（図 27 参照）を得る。

【0173】次に、図 27 に示すように、前記セラミック積層体 60 の両表面、即ち、セラミックグリーンシート 52 A 及び 52 B が積層された表面に相当する表面にそれぞれ多層構造の圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成し、焼成によって圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b をセラミック積層体 60 に一体化させる。

【0174】次に、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成されたセラミック積層体 60 のうち、切断線 C1、

C2、C5 に沿って切断することにより、セラミック積層体の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 28 に示すように、固定部 22 と薄板部 16 a 及び 16 b 並びに圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b は形作られるが、可動部 20 となる部分 20 D は互いに対向する端面 36 a 及び 36 b が棧部 112 によって一部連結された状態となっている。

【0175】次に、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を一部連結している前記棧部 112 を切除して、可動部 20、薄板部 16 a 及び 16 b 並びに固定部 22 が一体化されたセラミック基体 14 C に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成された圧電／電歪デバイス 10 を作製する。

【0176】この第 4 の製造方法においては、最終段階において、互いに対向する端面を一部連結している棧部 112 を切除すればよい。ため、簡単に、かつ、確実に切除することができ、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス 10 の歩留まりを向上させることができる。

【0177】上述の例では、前記可動部 20、固定部 22、薄板部 16 a 及び 16 b をセラミック基体 14 C にて構成した例を示したが、その他、各部を金属材料同士で構成することもできる。更には、セラミックスと金属の材料とから製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造として構成することもできる。この場合、金属材料間の接合、セラミックスと金属材料間の接合においては、有機樹脂、ガラス等での接着、ロウ付け、半田付け、共晶接合、溶接等を用いることができる。

【0178】例えば、可動部 20、固定部 22 をセラミックスとし、薄板部 16 a 及び 16 b を金属としたハイブリッド構造の圧電／電歪デバイス（第 8 及び第 9 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 h 及び 10 i）の製造方法（第 5 及び第 6 の製造方法）について図 29 A ～ 図 36 を参照しながら説明する。従って、この第 5 及び第 6 の製造方法で形成される金属とセラミックスを含む基体を基体 14 D と記す。

【0179】第 5 の製造方法は、まず、図 29 A に示すように、少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部 54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50 A ～ 50 D と、後に孔部 12 を形成する窓部 54 と互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する可動部 20 を形成するための窓部 100 とが連続形成されたセラミックグリーンシート 102 とを用意する。

【0180】その後、図 29 B に示すように、セラミックグリーンシート 50 A ～ 50 D 及び 102 を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 158 とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート 102 を中央に位置させて積層する。その後、セラミックグリーン積層体 158 を焼成して、図 30 A に示すように、セラミック積層体 160（図 30 A 参照）を得る。このと

き、セラミック積層体 160 には、窓部 54 及び 100 による孔部 130 が形成されたかたちとなる。

【0181】次に、図 30B に示すように、別体として構成した圧電／電歪素子 24a 及び 24b をそれぞれ薄板部となる金属板 152A 及び 152B の表面にエポキシ系接着剤で接着する。別体の圧電／電歪素子 24a 及び 24b は、例えばセラミックグリーンシート積層法により形成することができる。

【0182】次に、金属板 152A 及び 152B でセラミック積層体 160 を挟み込むように、かつ、孔部 130 を塞ぐようにして、これら金属板 152A 及び 152B をセラミック積層体 160 にエポキシ系接着剤で接着し、ハイブリッド積層体 162 (図 31 参照) とする。

【0183】次に、図 31 に示すように、圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成されたハイブリッド積層体 162 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、ハイブリッド積層体 162 の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 32 に示すように、基体 14D のうち、金属板で構成された薄板部に圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成され、かつ、互いに対向する端面 36a 及び 36b を有する可動部 20 が形成された第 8 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10h を得る。

【0184】一方、第 6 の製造方法は、まず、図 33A に示すように、少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部 54 が形成された複数枚 (例えば 4 枚) のセラミックグリーンシート 50A~50D と、後に孔部 12 を形成する窓部 54 と互いに対向する端面 36a 及び 36b を有する可動部 20 を形成するための窓部 100 とが連続形成されたセラミックグリーンシート 102 とを用意する。

【0185】その後、図 33B に示すように、セラミックグリーンシート 50A~50D 及び 102 を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 158 とする。その後、セラミックグリーン積層体 158 を焼成して、図 34A に示すように、セラミック積層体 160 を得る。このとき、セラミック積層体 160 には、窓部 54 及び 100 による孔部 130 が形成されたかたちとなる。

【0186】次に、図 34B に示すように、金属板 152A 及び 152B でセラミック積層体 160 を挟み込むように、かつ、孔部 130 を塞ぐようにして、これら金属板 152A 及び 152B をセラミック積層体 160 にエポキシ系接着剤で接着し、ハイブリッド積層体 162 とする。このとき、接着した金属板 152A 及び 152B の表面に圧電／電歪素子 24a 及び 24b を貼り合わせる際に、十分な接着圧力がかけられるように、図 34A に示すように、必要に応じて、孔部 130 に充填材 164 を充填する。

【0187】充填材 164 は、最終的には除去する必要があるため、溶剤等に溶解しやすく、また、硬い材料で

あることが好ましく、例えば有機樹脂やワックス、ロウなどが挙げられる。また、アクリル等の有機樹脂にセラミック粉末をフィラーとして混合した材料を採用することもできる。

【0188】次に、図 35 に示すように、ハイブリッド積層体 162 における金属板 152A 及び 152B の表面に、別体として形成した圧電／電歪素子 24a 及び 24b をエポキシ系接着剤で接着する。別体の圧電／電歪素子 24a 及び 24b は、例えばセラミックグリーンシート積層法により形成することができる。

【0189】次に、圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成されたハイブリッド積層体 162 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、ハイブリッド積層体 162 の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 36 に示すように、基体 14D のうち、金属板で構成された薄板部に圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成され、かつ、互いに対向する端面 36a 及び 36b を有する可動部 20 が形成された第 9 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10i を得る。

【0190】また、基体部をすべて金属とする場合には、例えば図 30A におけるセラミック積層体 160 に相当する部位を鋳造により形成するほか、薄状の金属を積層し、クラッディング法により形成すればよい。

【0191】上述した圧電／電歪デバイスによれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品 (フィルタ)、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

【0192】上述した圧電／電歪デバイスによれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品 (フィルタ)、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

【0193】なお、この発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0194】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法によれば、デバイスの

軽量化、中でも固定部もしくは可動部の軽量化、デバイスのハンドリング性及びにデバイスの固定性もしくは可動部への部品の取付性を向上させることができ、これにより、可動部を大きく変位することができると共に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することができるセンサ素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

【図 2】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 1 の変形例を示す斜視図である。

【図 3】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 2 の変形例を示す斜視図である。

【図 4】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 3 の変形例を示す斜視図である。

【図 5】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 4 20 の変形例を示す斜視図である。

【図 6】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 5 の変形例を示す斜視図である。

【図 7】第 5 の変形例に係る圧電／電歪デバイスの他の例を示す斜視図である。

【図 8】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 6 の変形例を示す斜視図である。

【図 9】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 7 の変形例を示す斜視図である。

【図 10】圧電／電歪素子の他の例を一部省略して示す 30 斜視図である。

【図 11】圧電／電歪素子の更に他の例を一部省略して示す斜視図である。

【図 12】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が共に変位動作を行っていない場合を示す説明図である。

【図 13】図 13 A は一方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図であり、図 13 B は他方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図である。

【図 14】本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにお 40 いて、圧電／電歪素子が変位動作を行った場合を示す説明図である。

【図 15】一方の圧電／電歪デバイスの可動部に他方の圧電／電歪デバイスを固着した場合を示す斜視図である。

【図 16】図 16 A は第 1 の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図 16 B はセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図 17】第 1 の製造方法において、セラミックグリー 50

ン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図 18】第 1 の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとする途中過程を示す説明図である。

【図 19】図 19 A は薄板部や圧電／電歪層に内部残留応力が発生している状態を示す説明図であり、図 19 B は可動部の中心部分を切除した状態を示す説明図である。

【図 20】図 20 A は第 2 の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図 20 B はセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図 21】第 2 の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図 22】第 2 の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとした状態を示す説明図である。

【図 23】図 23 A は第 3 の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図 23 B はセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図 24】第 3 の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図 25】第 3 の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとする途中過程を示す説明図である。

【図 26】図 26 A は第 4 の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図 26 B はセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図 27】第 4 の製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

【図 28】第 4 の製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとする途中過程を示す説明図である。

【図 29】図 29 A は第 5 の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図 29 B はセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。



37

【図 30】図 30 A はセラミックグリーン積層体を焼成してセラミック積層体とした状態を示す説明図であり、図 30 B は別体として構成した圧電／電歪素子をそれぞれ薄板部となる金属板の表面に接着した状態を示す説明図である。

【図 3 1】第 5 の製造方法において、金属板をセラミック積層体に接着してハイブリッド積層体とした状態を示す説明図である。

【図 3 2】第 5 の製造方法において、ハイブリッド積層体を所定の切断線に沿って切断して、第 8 の変形例に係る圧電／電歪デバイスを作製した状態を示す説明図である。

【図 3 3】図 3 3 A は第 6 の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図 3 3 B はセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図３４】図３４Ａはセラミックグリーン積層体を焼成してセラミック積層体とした後、孔部に充填材を充填した状態を示す説明図であり、図３４Ｂはそれぞれ薄板部となる金属板をセラミック積層体に接着してハイブリッド積層体とした状態を示す説明図である。

【図 3 5】別体として構成した圧電／電歪素子をハイブリッド積層体の金属板の表面に接着した状態を示す説明図である。

38

【図 3 6】第 6 の製造方法において、ハイブリッド積層体を所定の切断線に沿って切断して、第 9 の変形例に係る圧電／電歪デバイスを作製した状態を示す説明図である。

【図 3 7】従来例に係る圧電／電歪デバイスを示す構成図である。

【符号の説明】

10、10A、10B、10a~10i…圧電/電歪デ  
バイス

1 2 …孔部

14、14C、14D…基体（セラミック基体）

16 a、16 b…薄板部

18…實質的驅動

部分

20…可動部

20D…可動部と

なる部分

2 2…固定部

3 6 a, 3 6 b...

端面

38...空隙

40…部材

50A~50D、52A、52B、102、108、1

14…セラミックグリーンシート

58、158…セラミックグリーン積層体

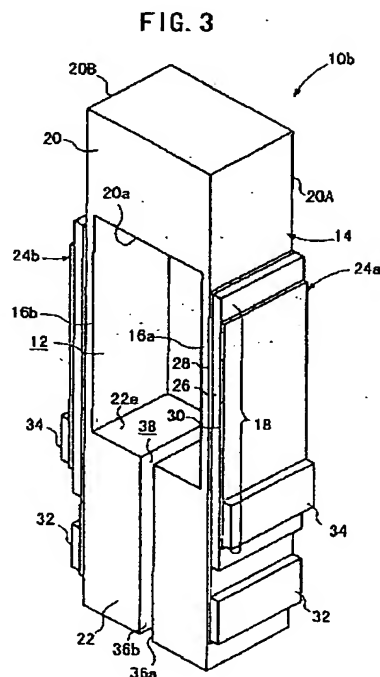
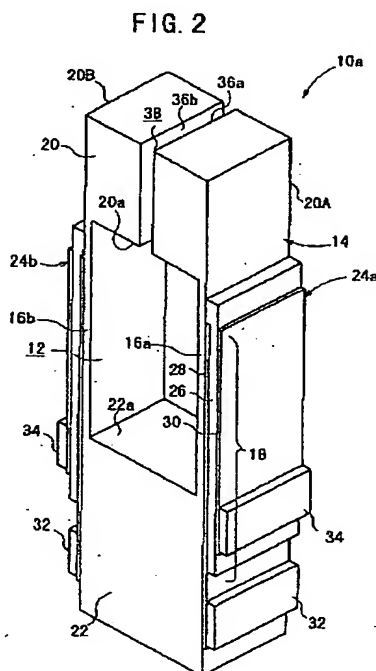
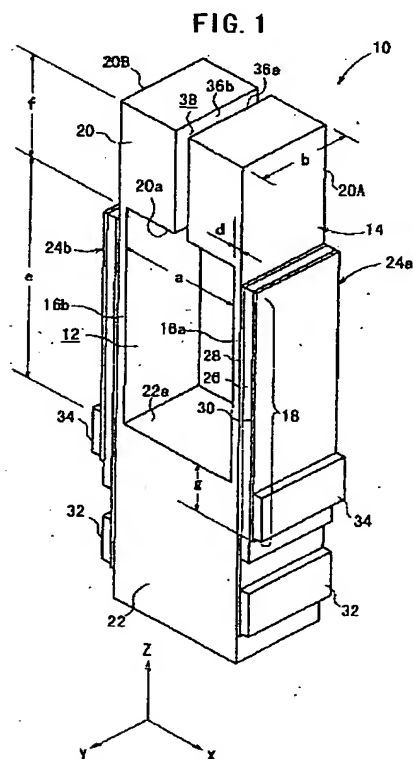
60、160…セラミック積層体      162…ハイブリ

・ツド積層体

【図 1】

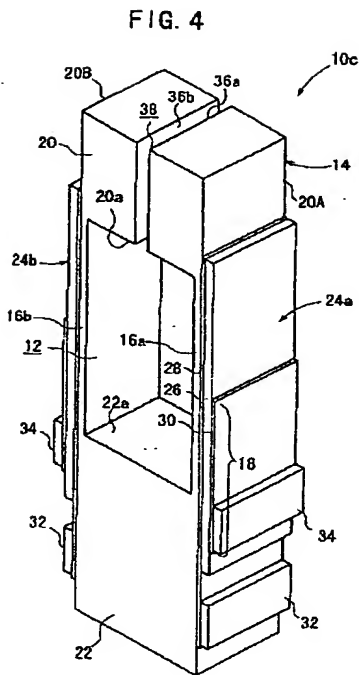
【图 2】

【図 3】

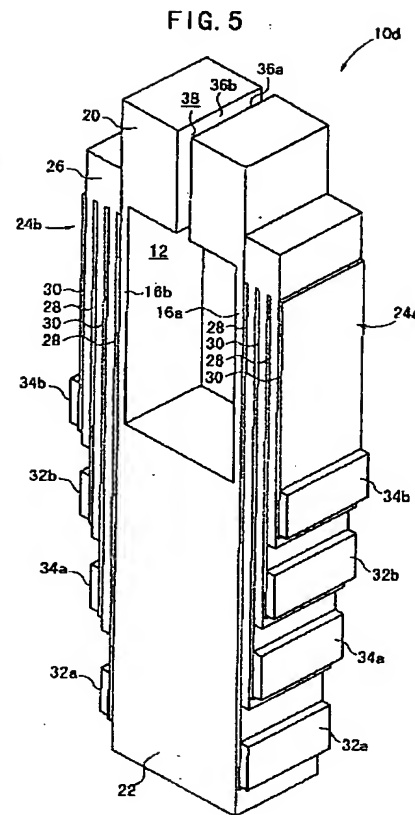




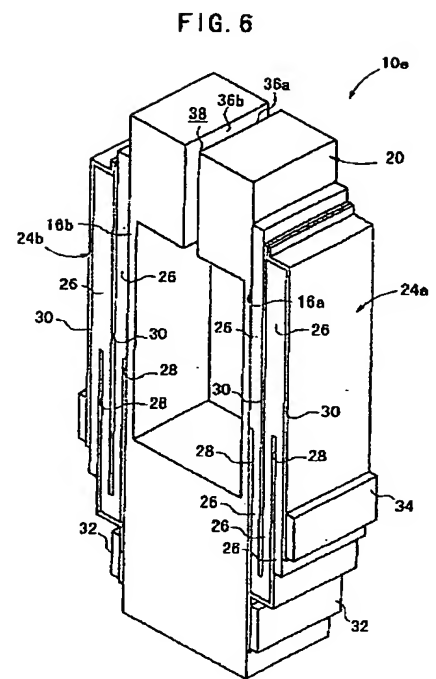
【図4】



【図5】



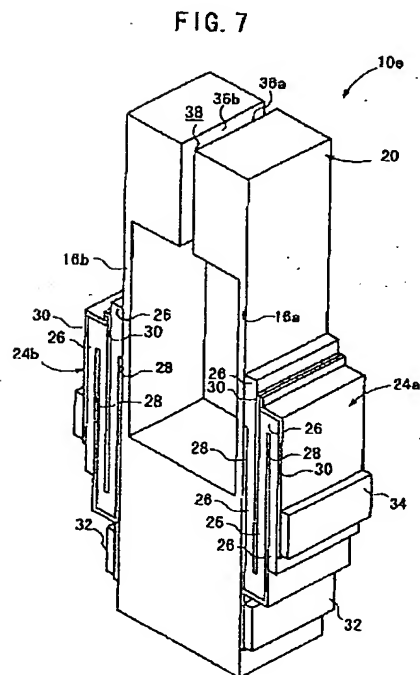
【図6】



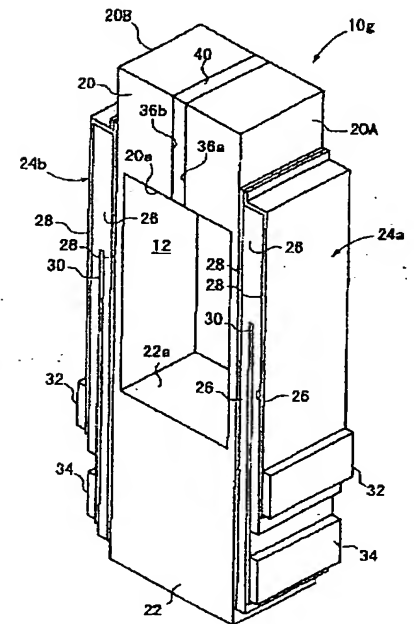
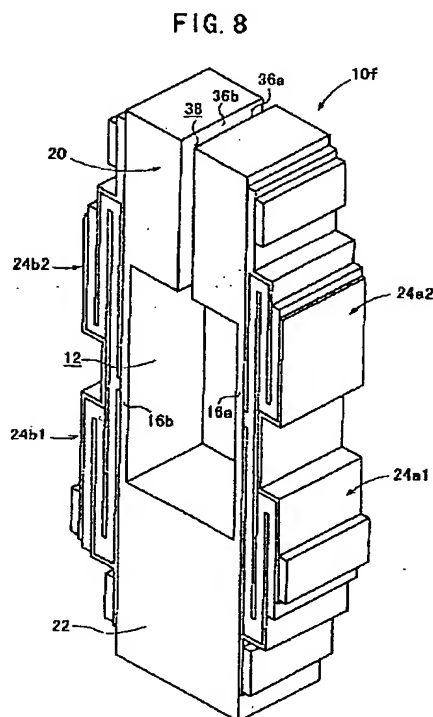
【図9】

FIG. 9

【図7】

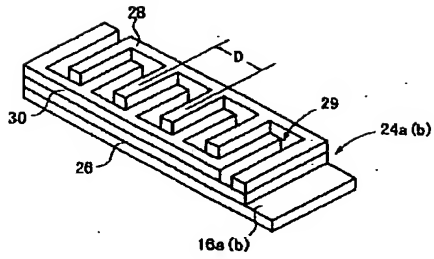


【図8】



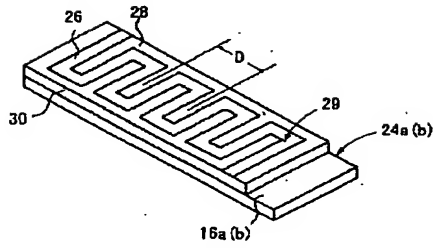
【図 10】

FIG. 10



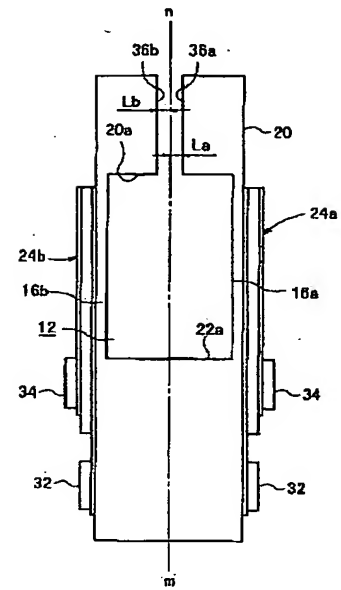
【図 11】

FIG. 11



【図 12】

FIG. 12



【図 13】

FIG. 13A

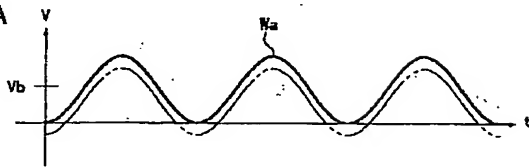
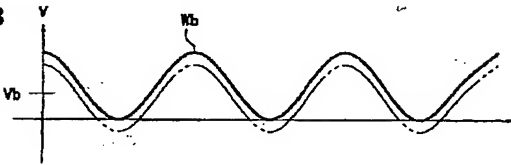
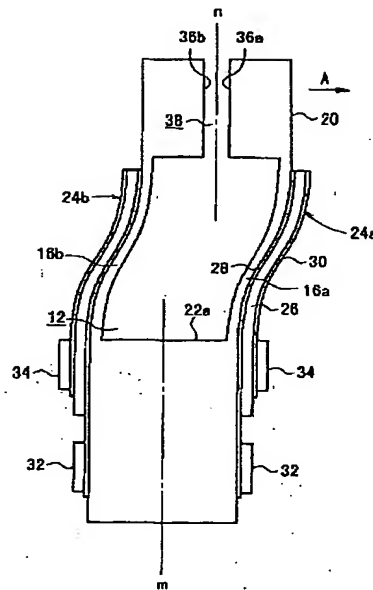


FIG. 13B



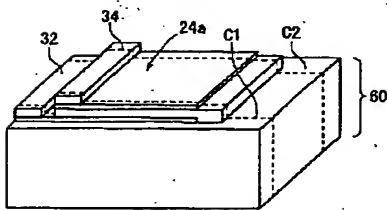
【図 14】

FIG. 14



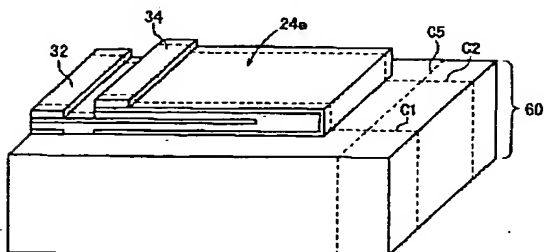
【図 17】

FIG. 17



【図 21】

FIG. 21



【図 15】

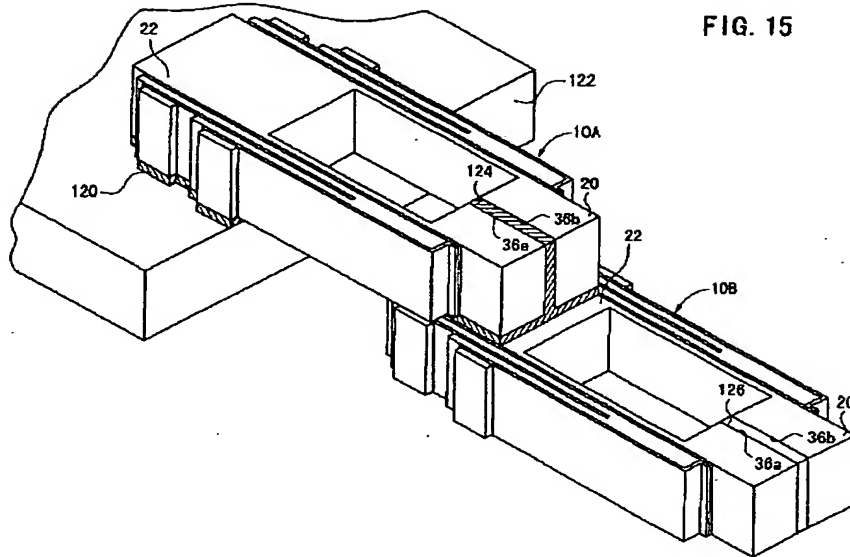


FIG. 15

【図 18】

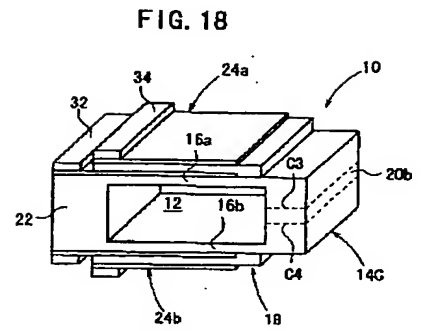


FIG. 18

【図 16】

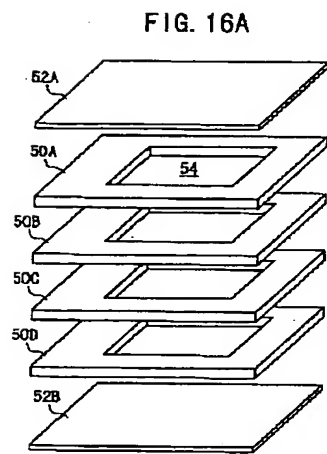


FIG. 16A

【図 19】

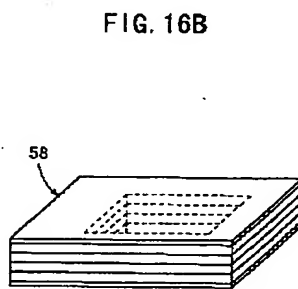


FIG. 16B

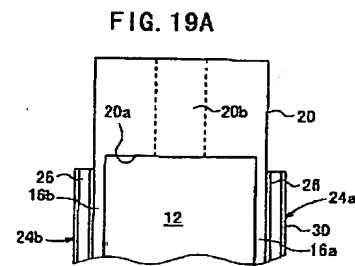


FIG. 19A

【図 22】

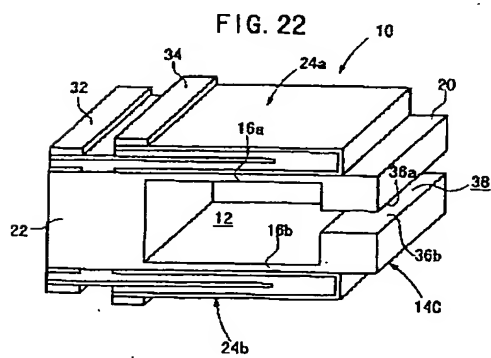


FIG. 22

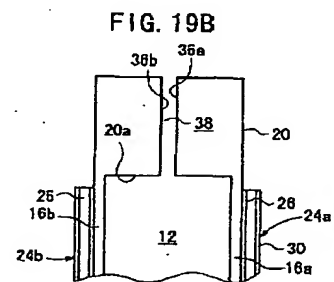


FIG. 19B

【図 20】

FIG. 20A

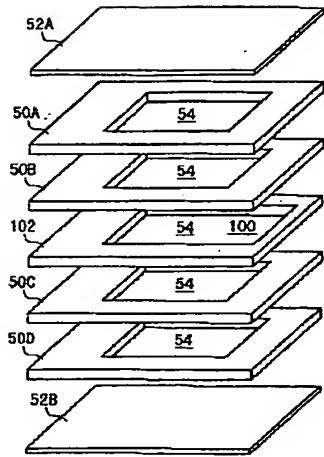
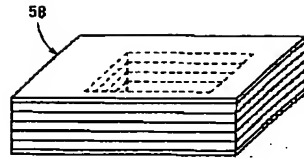
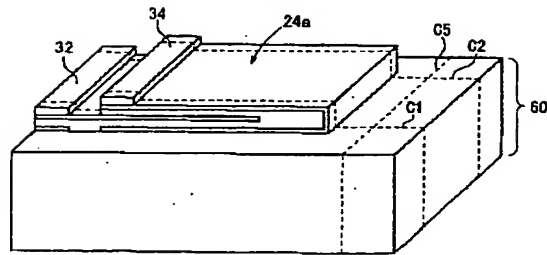


FIG. 20B



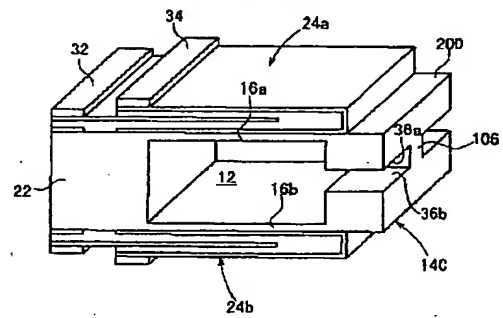
【図 24】

FIG. 24



【図 25】

FIG. 25



【図 23】

FIG. 23A

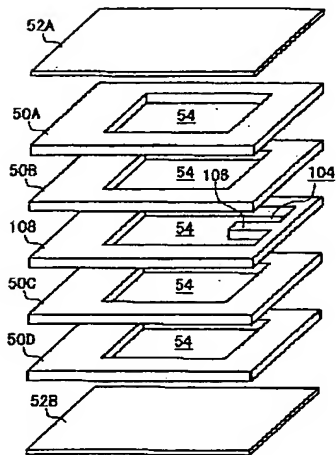
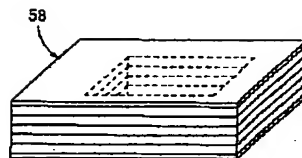
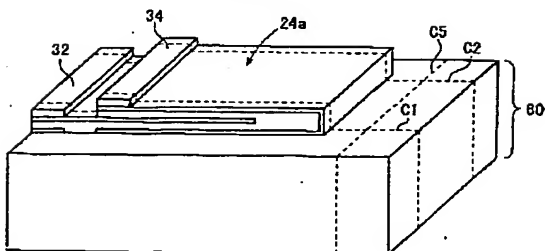


FIG. 23B



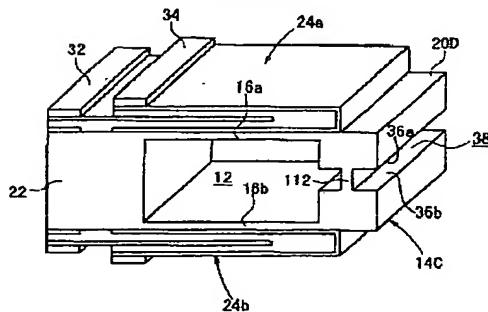
【図 27】

FIG. 27



【図 28】

FIG. 28



【図 26】

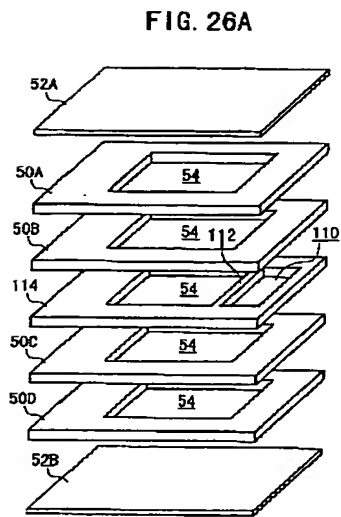
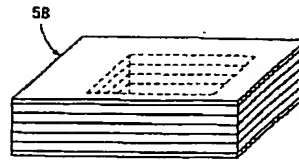
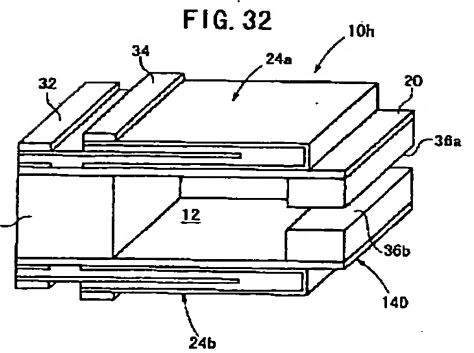


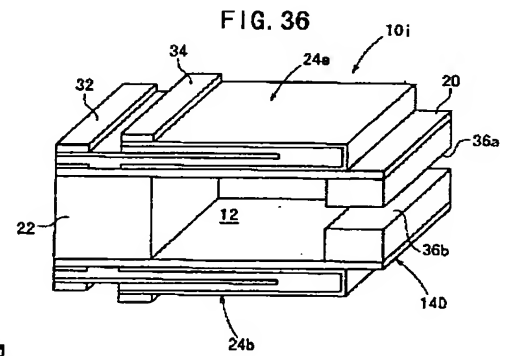
FIG. 26B



【図 32】



【図 36】



【図 29】

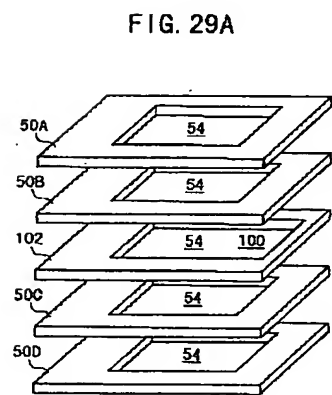
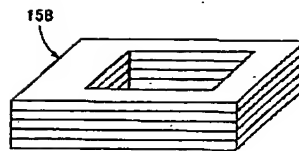
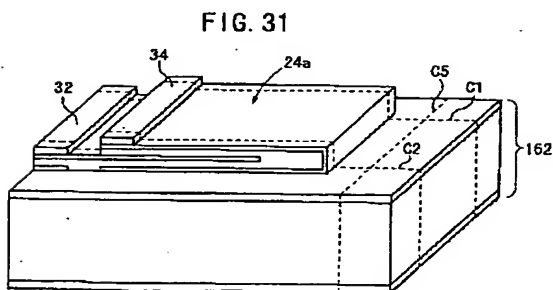


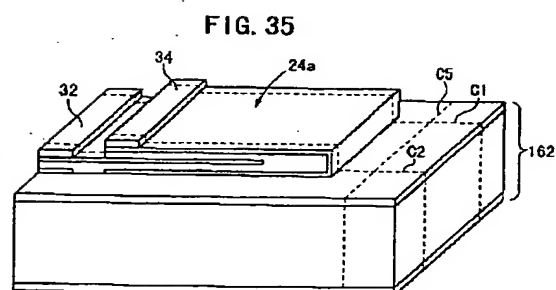
FIG. 29B



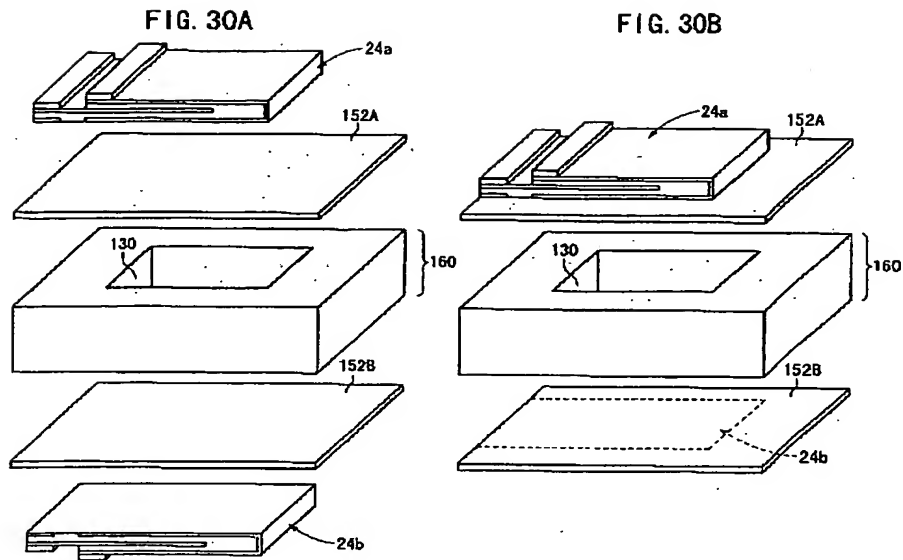
【図 31】



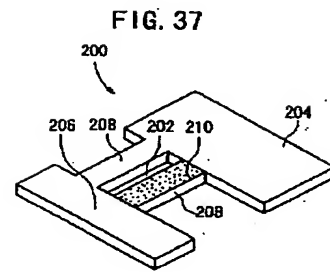
【図 35】



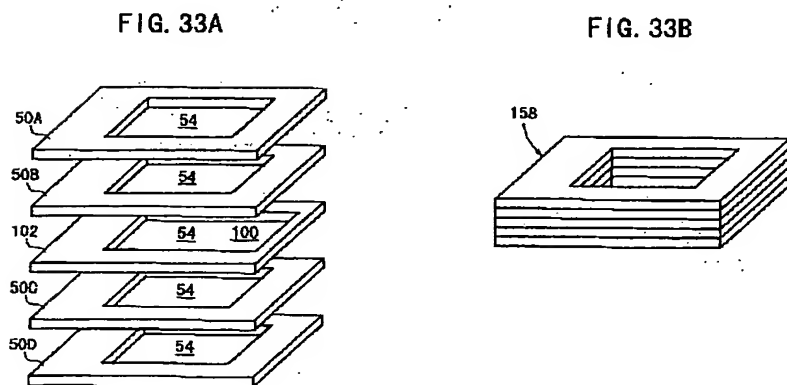
【図 30】



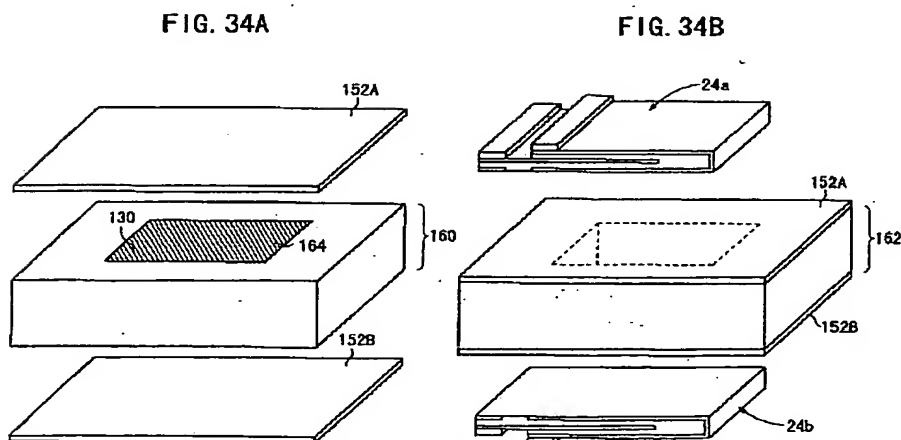
【図 37】



【図 33】



【図 34】



## フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願平11-371967  
(32)優先日 平成11年12月27日(1999. 12. 27)  
(33)優先権主張国 日本(JP)  
(31)優先権主張番号 特願2000-13576(P2000-13576)  
(32)優先日 平成12年1月21日(2000. 1. 21)  
(33)優先権主張国 日本(JP)  
(31)優先権主張番号 特願2000-15123(P2000-15123)  
(32)優先日 平成12年1月24日(2000. 1. 24)  
(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願2000-56434(P2000-56434)  
(32)優先日 平成12年3月1日(2000. 3. 1)  
(33)優先権主張国 日本(JP)  
(72)発明者 池田 幸司  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日  
本碍子株式会社内  
(72)発明者 木村 浩二  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日  
本碍子株式会社内  
(72)発明者 柴田 和義  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日  
本碍子株式会社内



JAPANESE

[JP,2001-315099,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION  
TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by providing the following The sheet metal section of a pair which carries out phase opposite Moving part It is the end face which it is the piezo-electricity / electrostriction device in which these sheet metal section and a fixed part which supports moving part were provided, one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair, and a pore was formed with both walls of the sheet metal section of said pair, a wall of said moving part, and a wall of said fixed part, and either said moving part or a fixed part counters mutually.

[Claim 2] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by having the excision section in either said moving part or a fixed part, and said a part of excision section constituting said end face which counters mutually in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 1.

[Claim 3] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by consisting of ceramic bases which unify when said sheet metal section, said moving part, and said fixed part carry out coincidence baking of the ceramic green layered product in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 1 or 2, and come to excise a still more unnecessary portion.

[Claim 4] They are the piezo-electricity / electrostriction device which said piezo-electricity / electrostriction element are films-like in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 3, and is characterized by baking uniting with said ceramic base.

[Claim 5] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming an opening between said end faces which counter mutually in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-4.

[Claim 6] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by a different member from a configuration member of either said moving part or a fixed part between said end faces which counter mutually intervening in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-4.

[Claim 7] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said member being organic resin in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 6.

[Claim 8] The piezo-electricity / electrostriction device with which internal residual stress produced for said sheet metal section, and/or said piezo-electricity / electrostriction element at the time of manufacture is characterized by having structure released by forming said end face which counters mutually in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-7.

[Claim 9] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by having an electrode of a pair with which said piezo-electricity / electrostriction element were formed in piezo-electricity / electrostriction layer, and this piezo-electricity / electrostriction layer in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-8.

[Claim 10] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by having an electrode of a pair with which said piezo-electricity / electrostriction element were formed in both sides of piezo-electricity /

electrostriction layer, and this piezo-electricity / electrostriction layer in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-8, and forming one electrode in said sheet metal section at least among electrodes of this pair.

[Claim 11] Said piezo-electricity / electrostriction element are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by plurality of an electrode of said piezo-electricity / electrostriction layer, and said pair consisting of laminating gestalten in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 9 or 10.

[Claim 12] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by filling up any 1 term of claims 1-11 with a gel material in the piezo-electricity / electrostriction device of a publication at said pore.

[Claim 13] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by having a production process which forms said moving part or fixed part characterized by providing the following The sheet metal section of a pair which carries out phase opposite Moving part These sheet metal section and a fixed part which supports moving part are provided. Inside of the sheet metal section of said pair, It is the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section, and a pore was formed with both walls of the sheet metal section of said pair, a wall of said moving part, and a wall of said fixed part. An end face which excises one predetermined part of the portions which serve as a portion which serves as said moving part, or a fixed part after producing said piezo-electricity / electrostriction element on said sheet metal at least, and counters mutually

[Claim 14] With the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite characterized by providing the following, and moving part These sheet metal section and a fixed part which supports moving part are provided. Inside of the sheet metal section of said pair, A manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section, and a pore was formed with both walls of the sheet metal section of said pair, a wall of said moving part, and a wall of said fixed part A ceramic green sheet which has a window part for forming said pore at least behind A ceramic layered product production production process which really calcinates a ceramic green layered product containing a ceramic green sheet used as said sheet metal section behind, and produces a ceramic layered product A production process which forms said piezo-electricity / electrostriction element in an outside surface of a portion which serves as said sheet metal section among said ceramic layered products An excision production process which forms said moving part or fixed part which has at least said end face which counters mutually by at least one excision processing to a ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction element were formed

[Claim 15] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device according to claim 14 characterized by providing the following Said ceramic layered product production production process is a ceramic green sheet which has a window part for forming said moving part or fixed part which has an end face which counters mutually at least. A ceramic green sheet which serves as said sheet metal section behind

[Claim 16] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device according to claim 14 or 15 characterized by providing the following Said ceramic layered product production production process is a ceramic green sheet which has a window part for forming a portion used as a portion which serves as said moving part where a part of end face which counters mutually at least was connected, or said fixed part. A ceramic green sheet which serves as said sheet metal section behind

[Claim 17] It is the manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including that said excision production process exposes said pore by excision processing to said ceramic layered product in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 14-16.

[Claim 18] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by having a

production process which makes a configuration member of said moving part, and a different member intervene between said end faces which counter mutually in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 13-17.

[Claim 19] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by using organic resin as said member in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device according to claim 18.

---

[Translation done.]

JAPANESE

[JP,2001-315099,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION  
TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] About piezo-electricity / electrostriction device equipped with the moving part which operates based on displacement actuation of piezo-electricity / electrostriction element or the piezo-electricity / electrostriction device which can detect the displacement of moving part by piezo-electricity / electrostriction element, and its manufacture method, in detail, this invention is excellent in reinforcement, shock resistance, and moisture resistance, and relates to the piezo-electricity / electrostriction device which can operate moving part greatly efficiently, and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Recently, in fields, such as optics, and magnetic recording, precision processing, the displacement element which can adjust the optical path length and a location is needed to submicron order, and development of the displacement element using the displacement by the inverse piezoelectric effect and electrostrictive effect which are caused when voltage is impressed to piezo-electricity / electrostriction materials (for example, ferroelectric etc.) is furthered.

[0003] Conventionally, as such a displacement element, as shown, for example in drawing 37 , by forming a pore 202 in the plate 200 which consists of piezo-electricity / an electrostriction material, a fixed part 204, moving part 206, and the beam section 208 that supports these are formed in one, and the electrostrictive actuator which formed the electrode layer 210 in the beam section 208 is indicated further (for example, refer to JP, 10-136665, A).

[0004] if voltage is impressed to the electrode layer 210, since the beam section 208 expands and contracts according to an inverse piezoelectric effect or an electrostrictive effect in said electrostrictive actuator in the direction which connects a fixed part 204 and moving part 206 -- moving part 206 -- the inside of the field of a plate 200 -- setting -- an arc -- it is possible displacement or to carry out rotation displacement.

[0005] The technology of performing highly precise positioning at a high speed is indicated, and the structure used making the bimorph of two sheets counter is shown to this official report (especially drawing 4) by by dividing the electrode of that bimorph, preparing, and on the other hand, choosing and driving the divided electrode about the actuator which used bimorph for JP, 63-64640, A.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in said electrostrictive actuator, since the displacement of the flexible direction (namely, field inboard of a plate 200) of piezo-electricity / electrostriction material was transmitted to moving part 206 as it was, there was a problem that the travel of moving part 206 was small.

[0007] Moreover, since it constituted all portions with the piezo-electricity / electrostriction material which is a brittle and comparatively heavy material, the mechanical strength of the electrostrictive actuator was low, in addition to being inferior to handling nature, shock resistance, and moisture resistance, its electrostrictive actuator itself was heavy, and it had the trouble of being easy to be influenced on actuation of a harmful

vibration (for example, residual vibration and noise vibration at the time of a fast operation).

[0008] In order to solve said trouble, filling up a pore 202 with the filler which has flexibility is proposed, but it is distinct that the amount of the displacement by the inverse piezoelectric effect or the electrostrictive effect falls only by using a filler.

[0009] Furthermore, the actuator indicated by said JP,63-64640,A It adds to sticking bimorph to a holddown member or a junction member. Since it is the thing of the structure which comes to stick the two own piezo-electric child of bimorph, it is easy to remain the stress resulting from those attachment, heat-treatment, hardening contraction of adhesives concerning lamination, etc. with the internal residual stress Displacement actuation is barred and there is a possibility that the displacement as layout and resonance frequency may be unrealizable. Especially, when an actuator is small in size, the effect of adhesives will become large naturally.

[0010] Then, as a method of eliminating the effect of the adhesives concerning attachment, an actuator is constituted from an one baking object of the ceramics, and it is possible to consider as the structure which does not use adhesives. However, a possibility that internal residual stress may occur must have been escaped also in this case by the difference in the heat shrink action of each part material at the time of baking.

[0011] Furthermore, when an actuator was small in size, it was inherent in the problem that the stability of the actuator and the attachment nature of other components to an actuator fall.

[0012] This invention is made in consideration of such a technical problem. Lightweight-izing of a device, While being able to raise the attachment nature of the components to moving part, or the stability of a device in the handling nature list of lightweight-izing of moving part or a fixed part, and a device and being able to displace moving part greatly by the low battery relatively by this especially Can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of a device, especially displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful vibration, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and it aims at offering the piezo-electricity / electrostriction device which can obtain the displacement element excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and the sensor element which can detect vibration of moving part with a sufficient precision in a list, and its manufacture method.

[0013]

[Means for Solving the Problem] This invention possesses the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, moving part, these sheet metal section, and a fixed part that supports moving part. One or more piezo-electricity / electrostriction elements are arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair. It is the piezo-electricity / electrostriction device in which a pore was formed with both walls of the sheet metal section of said pair, a wall of said moving part, and a wall of said fixed part, and either said moving part or a fixed part is characterized by having an end face which counters mutually.

[0014] Said moving part, a fixed part, and the sheet metal section may be constituted using ceramics or a metal, can also constitute each part from ceramic materials, or can also constitute it from metallic materials. Furthermore, it can also constitute as hybrid construction which combined what was manufactured from ceramics and a metaled material.

[0015] And the excision section is prepared in either said moving part or a fixed part, and you may make it said a part of excision section constitute said end face which counters mutually. Furthermore, it unifies by carrying out coincidence baking of the ceramic green layered product, and you may make it constitute said sheet metal section, said moving part, and said fixed part from a ceramic base which comes to excise a still more unnecessary portion. Moreover, said piezo-electricity / electrostriction element are made into the shape of a film, and you may make it unite with said ceramic base by baking.

[0016] In this case, said piezo-electricity / electrostriction element can have and constitute piezo-electricity / electrostriction layer, and an electrode of a pair formed in this piezo-electricity / electrostriction layer.



Moreover, said piezo-electricity / electrostriction element have piezo-electricity / electrostriction layer, and an electrode of a pair formed in both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer, and you may make it form one electrode in said sheet metal section at least among electrodes of this pair. In this case, vibration by piezo-electricity / electrostriction element can be efficiently transmitted to moving part or a fixed part through the sheet metal section, and improvement in responsibility can be aimed at. As for especially said piezo-electricity / electrostriction element, it is desirable that an electrode of said piezo-electricity / electrostriction layer, and said pair consists of two or more laminatings gestalten.

[0017] While generating force of piezo-electricity / electrostriction element increases and has and about is planned very much by making it such a configuration, high resonance frequency-ization is attained and there is the feature that improvement in the speed of displacement actuation can be attained easily because the rigidity of the device itself increases.

[0018] And a member which is good also as an opening and is different from a configuration member of said moving part between said end faces which counter mutually in between said end faces which counter mutually, Glass, cement, organic resin, etc. are mentioned. Preferably For example, organic resin, For example, you may make it make such mixture, such as an epoxy system, acrylic, a polyimide system, a phenol system, a silicone system, a terpene system, a xylene system, a styrene system, a melamine system, an methacrylic system, and a rubber system, or a copolymer intervene. It is desirable to make organic resin of an epoxy system, acrylic, and an methacrylic system etc. intervene from points, such as cementation nature, handling nature, and hardness, especially. Furthermore, it is desirable to also make fillers, such as an inorganic material, mix in order to raise a degree of hardness.

[0019] It becomes possible to raise resonance frequency, without reducing the amount of displacement of moving part or a fixed part, since it can make a member lighter than a configuration member of said moving part or a fixed part able to intervene between said end faces which counter mutually or lightweight-ization of moving part or a fixed part can be effectively attained by joining between end faces by said member, when between said end faces which counter mutually was especially made into an opening. In addition, as for said member, it is desirable to consider as a hard material from a viewpoint of high resonance frequency.

[0020] Moreover, when between said end faces which counter mutually is made into an opening, a part of moving part containing one end face or fixed part, and moving part including an other-end side or another part of a fixed part becomes easy to bend, and it becomes strong to deformation. Therefore, it will excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device.

[0021] Furthermore, surface area of moving part or a fixed part becomes large by existence of said end face which counters mutually. Therefore, when it considers as moving part which has an end face which counters mutually and attaches other components in moving part, the large clamp-face product can be taken and the attachment nature of components can be raised. Here, considering a case where components are fixed with adhesives etc., since adhesives will spread even round an end face besides one principal plane of moving part, they become possible [ canceling lack of spreading of adhesives etc. ], and can fix components certainly.

[0022] When it considers as a fixed part which has an end face which counters mutually on the other hand, it becomes possible to fix firmly the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention to a predetermined fixed portion, and improvement in reliability can be aimed at.

[0023] In this invention, the attachment nature of components to moving part and the stability of a device can be raised also in lightweight-izing of a device in the handling nature of lightweight-izing of moving part or a fixed part, and a device, and a list. Thus, by this While being able to displace moving part greatly, can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful vibration, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and a displacement element excellent in handling nature, shock resistance, and

moisture resistance and a sensor element which can detect vibration of moving part with a sufficient precision in a list can be obtained.

[0024] By the way, in manufacture of piezo-electricity / electrostriction device, by baking etc., when piezo-electricity / electrostriction element is formed for example, in a ceramic layered product (what carried out the laminating of the ceramic green sheet, and really calcinated it), internal residual stress will really using lamination or the film forming method mentioned later occur into a portion used as piezo-electricity / electrostriction element, and/or the sheet metal section, for example. Especially when really forming piezo-electricity / electrostriction element in a ceramic layered product by baking, it becomes easy to generate internal residual stress into a portion which serves as piezo-electricity / electrostriction element, and/or the sheet metal section by contraction of a configuration member and a difference in coefficient of thermal expansion which are produced at the time of baking.

[0025] And an unnecessary portion was excised among said ceramic layered products, and when it considers as a ceramic base which has moving part, a fixed part, and the sheet metal section, internal residual stress remains in piezo-electricity / electrostriction element, and/or the sheet metal section.

[0026] If piezo-electricity / electrostriction device is produced and used from this condition, even if it makes the piezo-electricity / electrostriction layer which constitutes piezo-electricity / electrostriction element produce predetermined electric field, desired displacement may not be shown in moving part. This is because the material property of piezo-electricity / electrostriction layer and displacement actuation of moving part are checked by internal residual stress generated in piezo-electricity / electrostriction element, and/or said sheet metal section.

[0027] Since he is trying to prepare an end face which counters either moving part or a fixed part mutually, distance between end faces will be shortened by this invention, for example with internal residual stress generated in said piezo-electricity / electrostriction element, and/or the sheet metal section. That is, internal residual stress produced in piezo-electricity / electrostriction element, and/or the sheet metal section will be released by migration of an end face.

[0028] Therefore, it is lost that displacement actuation of moving part is checked by said internal residual stress, and displacement actuation of moving part as layout can be obtained mostly. In addition, improvement in mechanical strength of a device can also be aimed at by release of this stress.

[0029] Moreover, you may make it fill up said pore with a gel material in above-mentioned invention. in this case -- usually -- existence of a filler -- displacement of moving part -- displacement of lightweight-izing accompanying [ although actuation will receive a limit ] formation of an end face to moving part or a fixed part in above-mentioned invention, or moving part -- displacement of moving part according to said filler since he is trying to attain increase-ization of an amount -- a limit of operation is negated and an effect by existence of a filler, i.e., a raise in resonance frequency, and rigid reservation can realize.

[0030] Next, this invention possesses the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, moving part, these sheet metal section, and a fixed part that supports moving part. One or more piezo-electricity / electrostriction elements are arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair. It is the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that a pore was formed with both walls of the sheet metal section of said pair, a wall of said moving part, and a wall of said fixed part. After producing said piezo-electricity / electrostriction element at least, it is characterized by excising one predetermined part of the portions used as a portion which serves as said moving part, or a fixed part, and having a production process which forms said moving part or fixed part which has an end face which counters mutually.

[0031] internal residual stress generated in piezo-electricity / electrostriction element, and/or the sheet metal section at the time of manufacture since moving part or a fixed part which has an end face which counters mutually would be prepared -- distance between end faces -- since [ for example, ] it will be released by being

shortened – displacement of moving part – actuation is not checked by said internal residual stress

[0032] After creating piezo-electricity / electrostriction element here, the condition that piezo-electricity / electrostriction layer was formed at least is shown, and after performing excision for forming moving part or a fixed part which has an end face which counters mutually to an electrode formed after formation of piezo-electricity / electrostriction layer, you may make it form.

[0033] Moreover, without reducing the amount of displacement of moving part, since moving part or a fixed part is lightweight-ized by preparing moving part or a fixed part which has an end face which counters mutually, the piezo-electricity / electrostriction device which becomes possible [ raising resonance frequency ] can be manufactured easily efficiently, and fertilization of the piezo-electricity / electrostriction device of high performance can be realized.

[0034] And since moving part or a fixed part becomes easy to bend and it becomes strong to deformation, It will excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device. By existence of said end face which counters mutually Surface area of moving part or a fixed part becomes large, when it fixes to a predetermined fixed part a case where other components are attached in moving part, and a device, the large clamp-face product and fixed area can be taken, and the stability of a device can be raised in an attachment nature list of components.

[0035] Moreover, this invention possesses the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, moving part, these sheet metal section, and a fixed part that supports moving part. One or more piezo-electricity / electrostriction elements are arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair. It is the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that a pore was formed with both walls of the sheet metal section of said pair, a wall of said moving part, and a wall of said fixed part. A ceramic green sheet which has a window part for forming said pore at least behind, A ceramic green layered product containing a ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind. A ceramic layered product production process which produces a ceramic layered product, and a production process which forms said piezo-electricity / electrostriction element in an outside surface of a portion which serves as said sheet metal section among said ceramic layered products, It is characterized by including an excision production process which forms said moving part or fixed part which has at least said end face which counters mutually by at least one excision processing to a ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction element were formed.

[0036] This sets to manufacture of piezo-electricity / electrostriction device. Especially by baking Since internal residual stress generated in piezo-electricity / electrostriction element, and/or the sheet metal section can be effectively released when piezo-electricity / electrostriction element is formed in a ceramic layered product, [ when producing piezo-electricity / electrostriction device using a ceramic green sheet laminated layers method ] The attachment nature of components to moving part and the stability of a device can be raised in the handling nature of lightweight-izing of moving part or a fixed part, and a device, and a list, and, thereby, moving part can be displaced greatly also in lightweight-izing of a device.

[0037] And a ceramic green sheet which has a window part for said ceramic layered product production process to form said moving part or fixed part which has an end face which counters mutually at least, A ceramic green layered product containing a ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind, and said ceramic layered product is produced. Said excision production process You may make it form said moving part or fixed part which has at least said end face which counters mutually by excision processing to a ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction element were formed.

[0038] Moreover, a ceramic green sheet which has a window part for said ceramic layered product production process to form a portion used as a portion which serves as said moving part where a part of end face which counters mutually at least was connected, or said fixed part, A ceramic green layered product

containing a ceramic green sheet used as said sheet metal section is really calcinated behind, and said ceramic layered product is produced. Said excision production process By excision processing to said ceramic layered product in which said piezo-electricity / electrostriction element were formed A portion used as a portion which serves as said moving part where a part of end face which counters mutually at least was connected, or a fixed part is formed, and you may make it form said moving part or fixed part which has an end face which excises said joining segment and counters mutually further.

[0039] In these manufacture methods, in said excision production process, it combines exposing said pore and may be made to perform it by excision processing to said ceramic layered product. In this case, it may be made to perform formation of said moving part which has an end face which counters mutually, or a fixed part, and formation of a pore to coincidence, and that sequence is not asked.

[0040] In addition, you may make it include a production process which makes a configuration member of said moving part, and a different member intervene between said end faces which counter mutually.

[0041] According to the piezo-electricity / the electrostriction device concerning this invention, therefore, various transducers, Various actuators, a frequency-domain functional part (filter), a transformer, Others [ active elements /, such as an object for a communication link, vibrator for power, a resonator, a radiator, and a discriminator, ], It can use as sensor elements for [ various ] sensors, such as an ultrasonic sensor, an acceleration sensor and an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor. It can use suitable for various actuators especially used for displacement of various precision components, such as an optical instrument and a precision mechanical equipment, etc., or a device of positioning adjustment and angle adjustment.

[0042]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of a gestalt of operation of the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture method is explained, referring to drawing 1 - drawing 36 .

[0043] Here, piezo-electricity / electrostriction device is concepts which include the element which changes electric energy and mechanical energy mutually by piezo-electricity / electrostriction element. Therefore, it is used most suitably as active elements, such as various actuators and vibrator, and a displacement element which used the displacement by the inverse piezoelectric effect or the electrostrictive effect especially, and also may be suitably used as passive elements, such as an acceleration-sensor element and an impact sensor element.

[0044] As shown in drawing 1 , the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation present the configuration of a long rectangular parallelepiped as a whole, and has the base 14 of that direction of a major axis with which the pore 12 was mostly formed in a part for a center section.

[0045] A base 14 possesses the sheet metal sections 16a and 16b of the pair which carries out phase opposite, moving part 20, and the fixed part 22 that supports moving part 20 in sheet metal section 16a of said pair, and 16b list, and piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are formed in the one section each of the sheet metal sections 16a and 16b at least, respectively.

[0046] About this base 14, although the whole was constituted using the ceramics or a metal, it is good also as hybrid construction which combined what was manufactured with the material of others, the ceramics, and a metal.

[0047] Moreover, as for a base 14, it is desirable to constitute a base 14 from a ceramic layered product which could adopt the configuration of the metal integral construction unified by the structure of coming to paste up each part with adhesives, such as organic resin and glass, the ceramic integral construction which comes to unify a ceramic green layered product by baking, low attachment, soldering, eutectic bonding, or welding, and unified the ceramic green layered product by baking preferably.

[0048] Since a change of state with time hardly arises from not being placed between the joints of each part

by adhesives, such a unification object of the ceramics can be easily manufactured with the ceramic green sheet laminated layers method which the reliability like a joint mentions later in addition to being high and structure advantageous to rigid reservation.

[0049] And piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b will prepare piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b as an exception object as below-mentioned, and will be stuck on a base 14 by adhesives, such as organic resin and glass, low attachment, soldering, eutectic bonding, etc., and also they will be formed in said the direct base 14 instead of attachment by using the film forming method.

[0050] Moreover, it has the configuration which said rectangle-like pore 12 is formed of both the walls of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair, wall 20a of moving part 20, and wall 22a of a fixed part 22, and moving part 20 displaces this piezo-electricity / electrostriction device 10 by the drive of said piezo-electricity / electrostriction element 24a, and/or 24b, or detects the displacement of moving part 20 by piezo-electricity / electrostriction element 24a, and/or 24b.

[0051] Piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b have piezo-electricity / electrostriction layer 26, and the electrodes 28 and 30 of the pair formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer 26, and are constituted, and one electrode 28 is formed in the sheet metal sections 16a and 16b of a pair at least among the electrodes 28 and 30 of this pair.

[0052] Each apical surface of piezo-electricity / electrostriction layer 26 is mostly equal to the electrode 28 and 30 lists of a pair which constitute piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b from an example of drawing 1 . From a part of outside surface of a fixed part 22, the amount of [ of these piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b / 18 (portion to which the electrodes 28 and 30 of a pair lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between) ] substantial mechanical component applies to a part of outside surface of the sheet metal sections 16a and 16b, and it is formed continuously. Especially, in this example, each apical surface of the electrodes 28 and 30 of a pair is located in back end approach more slightly than wall 20a of moving part 20. Of course, you may make it form piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b so that it may be applied and located in a part of sheet metal sections 16a and 16b by the amount of [ 18 ] said substantial mechanical component from some moving part 20.

[0053] And in the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of above-mentioned operation, as shown in drawing 1 , the end faces 36a and 36b which counter moving part 20 mutually are formed and constituted. Each end faces 36a and 36b are fields almost parallel to the side, i.e., the element forming face, of moving part 20, and they are mutually separated from the upper surface of moving part 20, applying them to a pore 12. It is desirable to make almost equal distance La and Lb from the medial axis n of moving part 20 to each end faces 36a and 36b so that it may be shown at this time, for example, drawing 11 .

[0054] Moreover, you may make it make an opening (air) 38 intervene, and may make it make the member 40 which consists of a different member from the configuration member of said moving part 20 among these end faces 36a and 36b, for example, resin etc., like the piezo-electricity / electrostriction device 10g concerning the 7th modification shown in drawing 8 intervene among these end faces 36a and 36b, as shown in drawing 1 .

[0055] In addition, impression of the voltage to the electrodes 28 and 30 of a pair is performed through the terminals (pad) 32 and 34 formed on the both-sides side (element forming face) of a fixed part 22 among each electrodes 28 and 30, respectively. The terminal 32 corresponding to one electrode 28 in the location of each terminals 32 and 34 is formed in the back end approach of a fixed part 22, and the terminal 34 corresponding to the electrode 30 of another side by the side of outer space is formed in the wall 22a approach of a fixed part 22.

[0056] In this case, immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be separately performed using a field other than the field where terminals 32 and 34 have been arranged, respectively, and high reliability can be acquired as a result to the both sides of immobilization of piezo-electricity / electrostriction

device 10, and the electrical installation between a circuit, a terminal 32, and 34. In this configuration, electrical installation of terminals 32 and 34 and a circuit is performed by a flexible printed circuit (called FPC), a flexible flat cable (called FFC), wirebonding, etc.

[0057] As a configuration of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b Like the piezo-electricity / electrostriction device 10a concerning the 1st modification shown in drawing 2 besides the configuration shown in drawing 1 Each point of the electrodes 28 and 30 of the pair which constitutes piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b is arranged. Like the piezo-electricity / electrostriction device 10b concerning the 2nd modification which you may make it make only the point of piezo-electricity / electrostriction layer 26 project to a moving-part 20 side, and is shown in drawing 3 Each point of one electrode 28, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26 is arranged, and you may make it locate only the point of the electrode 30 of another side in fixed part 22 approach. In the piezo-electricity / electrostriction device 10b shown in this drawing 3 , the example which formed the end faces 36a and 36b which counter a fixed part 22 mutually instead of moving part 20 is shown.

[0058] in addition, the piezo-electricity / electrostriction device 10c concerning the 3rd modification shown in drawing 4 -- like -- each point of one electrode 28, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26 -- the side of moving part 20 -- extending -- the point of the electrode 30 of another side -- the length direction (Z shaft orientations) of the sheet metal sections 16a and 16b -- you may make it make it mostly located in the center

[0059] Although the electrodes 28 and 30 of the piezo-electricity / electrostriction layer 26 of 1 layer structure, and a pair constituted piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b from the above-mentioned example, it is also desirable to carry out the plurality of the electrodes 28 and 30 of piezo-electricity / electrostriction layer 26, and a pair at a laminating gestalt, and to constitute piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b.

[0060] for example, like the piezo-electricity / electrostriction device 10d concerning the 4th modification shown in drawing 5 Make the electrodes 28 and 30 of a pair into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 26 list, respectively, and the laminating of one electrode 28 and the electrode 30 of another side is carried out by turns, respectively. It is good also as the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b by which the portion (a part for the substantial mechanical component 18) to which the electrode 28 of these pairs and the electrode 30 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between was considered as the multistage configuration. In this drawing 5 , make piezo-electricity / electrostriction layer 26 into a three-tiered structure, and separate into the inferior surface of tongue (side of the sheet metal sections 16a and 16b) of the 1st layer, and the upper surface of a two-layer eye, respectively, and one electrode 28 is formed in them. It separates into the upper surface of the 1st layer, and the upper surface of the 3rd layer, respectively, the electrode 30 of another side is formed in them, and the example which formed Terminals 32a and 32b in each edge of one electrode 28, respectively, and formed Terminals 34a and 34b in each edge of the electrode 30 of another side, respectively is shown further.

[0061] moreover, like the piezo-electricity / electrostriction device 10e concerning the 5th modification shown in drawing 6 The electrodes 28 and 30 of a pair are made into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 26 list, respectively. The laminating of one electrode 28 and the electrode 30 of another side is alternately carried out, respectively so that it may become cross-section \*\*\*\* ctenidium-like. It is good also as the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b by which the portion (a part for the substantial mechanical component 18) to which the electrode 28 of these pairs and the electrode 30 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between was considered as the multistage configuration. This drawing 6 shows the example which made piezo-electricity / electrostriction layer 26 the three-tiered structure, formed in the shape of a ctenidium so that one electrode 28 might be located in the inferior surface of tongue (side of the sheet metal sections 16a and 16b) of the 1st layer, and the upper surface of a two-layer eye, and was formed in the shape of a ctenidium so that the electrode 30 of

another side might be located in the upper surface of the 1st layer, and the upper surface of the 3rd layer. Since the number of terminals 32 and 34 can be reduced compared with the configuration of drawing 5 by carrying out the bond communalization of the electrode 30 comrades of another side, respectively in one electrode 28 list in this configuration, enlargement of the size accompanying multilayering of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b can be suppressed.

[0062] Moreover, you may make it form piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b in other examples of the piezo-electricity / electrostriction device 10e concerning said 5th modification so that the point may remain on sheet metal section 16a and 16b as shown in drawing 7 . the example of drawing 7 -- the point of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b -- method \*\* of length of the sheet metal section -- the example mostly located in the center section is shown. In this case, there is an advantage that displacement of the moving part 20 can be carried out greatly.

[0063] moreover, like the piezo-electricity / electrostriction device 10f concerning the 6th modification shown in drawing 8 The piezo-electricity / electrostriction element 24a1 of two multistage configurations, and 24b1 are formed so that a fixed part 22 and the sheet metal sections 16a and 16b may be straddled, respectively. You may make it form the piezo-electricity / electrostriction element 24a2 of other two multistage configurations, and 24b2 so that moving part 20 and the sheet metal sections 16a and 16b may be straddled, respectively. In this case, it becomes what could be made to carry out displacement of the moving part 20 very greatly, and was excellent also in high-speed responsibility with the effect which makes a multilevel structure piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, and the effect that the point of application for carrying out displacement of the moving part 20 increases in number, and is desirable.

[0064] moreover, like the piezo-electricity / electrostriction device 10g concerning the 7th modification shown in drawing 9 Make piezo-electricity / electrostriction layer 26 into two-layer structure, and it forms in the shape of a ctenidium so that one electrode 28 may be located in the inferior surface of tongue (side of the sheet metal sections 16a and 16b) of the 1st layer, and the upper surface of a two-layer eye. It is good also as the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of the multistage configuration formed so that the electrode 30 of another side might be located in the upper surface of the 1st layer. A member which is different in moving part 20 is filled up with this example between end-face 36a of moving part 20, and 36b.

[0065] While the generating force of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b increases and has and about is planned very much by making such piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b into a multilevel structure, high resonance frequency-ization is attained and improvement in the speed of displacement actuation can attain easily because the rigidity of piezo-electricity / electrostriction device 10 the very thing increases.

[0066] In addition, what is necessary is just to decide a number of stages etc. suitably according to a use and a busy condition, in actually carrying out in order for power consumption to also increase in connection with it although increase of driving force is achieved if a number of stages is made [ many ]. Moreover, fundamentally, even if it makes piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b into a multilevel structure and raises driving force in the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation, the width of face (distance of Y shaft orientations) of the sheet metal sections 16a and 16b serves as a very desirable device, since it is eternal, for example, when applying to actuators, such as positioning of the magnetic head for hard disks used in a very narrow gap, and ringing control.

[0067] Although the case where it constituted from so-called sandwich structure which made piezo-electricity / electrostriction layer 26 intervene between the electrode 28 of a pair and 30 in above-mentioned piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b was shown In addition, as are shown in drawing 10 , and you may make it form the electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type in one principal plane of the piezo-electricity / electrostriction layer 26 formed in the side of the sheet metal sections 16a and 16b at least and it is shown in drawing 11 The electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type are embedded in the



piezo-electricity / electrostriction layer 26 formed in the side of the sheet metal sections 16a and 16b at least, and you may make it form.

[0068] In the case of the structure shown in drawing 10, there is an advantage that power consumption can be stopped low and the structure shown in drawing 11 becomes very advantageous to generating of an about from it being the structure where the inverse piezoelectric effect of the big direction of electric field of distortion and the generating force can be used effectively.

[0069] Specifically, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which are shown in drawing 10 have the structure where come to form the electrodes 28 and 30 of the pair of tandem-type structure in one principal plane of piezo-electricity / electrostriction layer 26, and one electrode 28 and the electrode 30 of another side counter mutually with the gap 29 of fixed width of face alternately. Although drawing 10 showed the example which formed the electrodes 28 and 30 of a pair in one principal plane of piezo-electricity / electrostriction layer 26 In addition, may make it form the electrodes 28 and 30 of a pair between the sheet metal sections 16a and 16b, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26, and You may make it form the electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type in the 1 principal-plane list of piezo-electricity / electrostriction layer 26, respectively between the sheet metal sections 16a and 16b, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0070] On the other hand, the electrodes 28 and 30 of the pair of tandem-type structure are formed, and the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which are shown in drawing 11 have the structure where one electrode 28 and the electrode 30 of another side counter mutually with the gap 29 of fixed width of face alternately so that it may be embedded in piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0071] It can use suitable for the piezo-electricity / electrostriction device 10 which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b as shown in such drawing 10 and drawing 11 also require for the gestalt of this operation. Like the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which are shown in drawing 10 and drawing 11, when using the electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type, it is making small the pitch D of the ctenidium of each electrodes 28 and 30, and it is possible to enlarge displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b.

[0072] Here, actuation of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation is explained. first, two piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b -- the natural condition 24a and 24b, i.e., piezo-electricity / electrostriction elements, -- both -- displacement -- when not operating, it is shown in drawing 12 -- as -- the major axis (major axis of a fixed part) m of piezo-electricity / electrostriction device 10, and the medial axis n of moving part 20 -- about -- I am doing one.

[0073] From this condition, as shown, for example in the wave form chart of drawing 13 A, the sine wave Wa which has the predetermined bias potential Vb is applied to the electrodes 28 and 30 of the pair in one piezo-electricity / electrostriction element 24a, and as shown in drawing 13 B, the sine wave Wb from which about about 180 degrees of phases differ is applied to the electrodes 28 and 30 of the pair in the piezo-electricity / electrostriction element 24b of another side in said sine wave Wa.

[0074] And in the phase where the voltage of maximum was impressed as opposed to the electrodes 28 and 30 of the pair in one piezo-electricity / electrostriction element 24a, the piezo-electricity / electrostriction layer 26 in one piezo-electricity / electrostriction element 24a carry out contraction displacement in the direction of a principal plane. By this, as shown in drawing 14, as shown in an arrow head A, to one sheet metal section 16a This sheet metal section 16a since the stress of the direction sagged rightward occurs, for example, one [ this ] sheet metal section 16a It bends rightward, and since it will be in the condition that voltage is not impressed to the electrodes 28 and 30 of the pair in the piezo-electricity / electrostriction element 24b of another side, at this time, sheet metal section 16b of another side follows bending of one sheet metal section 16a, and bends rightward. Consequently, moving part 20 displaces rightward as opposed to the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10. In addition, the amount of displacement also becomes large, so



that the amount of displacement changes according to the maximum of the voltage impressed to each piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, for example, maximum becomes large.

[0075] When the piezo-electricity / electrostriction material which has a coercive electric field are applied, you may make it adjust said bias potential as a component of piezo-electricity / electrostriction layer 26, especially, so that the level of the minimum value may turn into negative level slightly as shown in the wave of the alternate long and short dash line of drawing 13 A and drawing 13 B. In this case, the stress of the same direction occurs with the bending direction of one sheet metal section 16a in sheet metal section 16b of another side, and the drive of the piezo-electricity / electrostriction element (for example, piezo-electricity / electrostriction element 24b of another side) to which this negative level is impressed enables it to enlarge the amount of displacement of moving part 20 more. That is, the piezo-electricity / electrostriction element 24b, or 24a to which negative level is impressed can give the function to consider as a support the piezo-electricity / electrostriction element 24a, or 24b which is the subject of displacement actuation, by using a wave as shown in the alternate long and short dash line in drawing 13 A and drawing 13 B.

[0076] In addition, in the example (piezo-electricity / electrostriction device 10f) shown in drawing 8, the voltage (refer to sine wave form Wa) which has been arranged on the diagonal line and which is shown in drawing 13 A is impressed, for example to piezo-electricity / electrostriction element 24a1, and the piezo-electricity / electrostriction element 24b2, and the voltage (refer to sine wave form Wb) shown in drawing 13 B is impressed to other piezo-electricity / electrostriction elements 24a2, and the piezo-electricity / electrostriction element 24b1.

[0077] Thus, in the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation, in order for displacement with minute piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b to be amplified by big displacement actuation using bending of the sheet metal sections 16a and 16b and to transmit to moving part 20, moving part 20 becomes possible [ carrying out displacement greatly to the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10 ].

[0078] He is trying to prepare moving part 20 especially the end faces 36a and 36b which counter mutually with the gestalt of this operation. In this case, it becomes possible to raise resonance frequency, without being able to make into an opening 38 between the end faces 36a and 36b which counter mutually, or being able to attain lightweight-ization of moving part 20 effectively by making the member 40 lighter than the configuration member of moving part 20 intervene among said end faces 36a and 36b which counter mutually, and reducing the amount of displacement of moving part 20.

[0079] Here, frequency switches in alternation the voltage impressed to the electrodes 28 and 30 of a pair, and shows the frequency of the voltage waveform when carrying out displacement of the moving part 20 to right and left, and resonance frequency shows the maximum frequency which displacement actuation of moving part 20 can follow by the predetermined oscillation mode.

[0080] Moreover, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation. Since the fixed part 22 is united with moving part 20, sheet metal section 16a, and 16b list and the piezo-electricity / electrostriction material which is a brittle and comparatively heavy material do not need to constitute all portions, A mechanical strength is high, is excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and has on actuation the advantage of being hard to be influenced of a harmful vibration (for example, residual vibration and noise vibration at the time of a fast operation).

[0081] furthermore, some moving part 20 which contains one end-face 36a when between the end faces 36a and 36b which counter mutually is made into an opening 38 in the gestalt of this operation – some of 20A and another moving part 20 containing other-end side 36b – 20B – bending – being easy – it becomes strong to deformation. Therefore, it will excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device 10.

[0082] Moreover, the surface area of moving part 20 or a fixed part 22 becomes large by existence of said end faces 36a and 36b which counter mutually. Therefore, as shown in drawing 1, when it considers as the

moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually and attaches other components in moving part 20, the large clamp-face product can be taken and the attachment nature of components can be raised. Here, considering the case where components are fixed with adhesives etc., since adhesives will spread even round the end faces 36a and 36b besides one principal plane (components clamp face) of moving part 20, they become possible [ canceling the lack of spreading of adhesives etc. ], and can fix components certainly.

[0083] As this example, the case where the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this another operation (piezo-electricity / electrostriction device 10B of another side) are fixed is shown to the moving part 20 of the piezo-electricity / electrostriction device (one piezo-electricity / electrostriction device 10A) applied to the gestalt of this operation at drawing 15 .

[0084] The fixed part 22 has fixed one piezo-electricity / electrostriction device 10A on the surface of a substrate 122 through adhesives 120. In the moving part 20 of piezo-electricity / electrostriction device 10A of one of these, the fixed part 22 of the piezo-electricity / electrostriction device 10B of another side has fixed through adhesives 124. That is, two piezo-electricity / electrostriction devices 10A and 10B have composition arranged at the serial. In addition, between the end faces which counter mutually [ the moving part in the piezo-electricity / electrostriction device of another side ], a different lightweight member 126 from moving part intervenes.

[0085] In this case, the adhesives 124 for fixing the piezo-electricity / electrostriction device 10B of another side have spread even among the end faces 36a and 36b of moving part 20 in one piezo-electricity / electrostriction device 10A, and the piezo-electricity / electrostriction device 10B of another side will fix firmly to one piezo-electricity / electrostriction device 10A by this. Moreover, if piezo-electricity / electrostriction device 10B is pasted up in this way, since a lightweight member (this example adhesives 124) which is different in moving part 20 between end-face 36a and 36b can be made placed between adhesion and coincidence, there is an advantage that a manufacturing process can be simplified.

[0086] It becomes possible to, fix firmly the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation to a predetermined fixed portion on the other hand, in addition to the effect in the case of having the end faces 36a and 36b which counter mutually in the moving part 20 which mentioned above, when it considers as the fixed part 22 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually, as shown in drawing 3 , and improvement in reliability can be aimed at.

[0087] In the gestalt of this 1st operation piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b Moreover, piezo-electricity / electrostriction layer 26, Since the electrodes 28 and 30 of the pair formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer 26 are had and constituted and one electrode 28 was formed in the outside surface of the sheet metal sections 16a and 16b at least among the electrodes 28 and 30 of a pair Vibration by piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b can be efficiently transmitted to moving part 20 through the sheet metal sections 16a and 16b, and improvement in responsibility can be aimed at.

[0088] Moreover, he is trying to form continuously from a part of fixed part 22 in the gestalt of this 1st operation, applying [ to which the electrodes 28 and 30 of a pair lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between ] it to a part of sheet metal sections 16a and 16b (a part for the substantial mechanical component 18). Although there is a possibility that displacement actuation of moving part 20 may be restricted by the amount of [ 18 ] said substantial mechanical component, and it may become impossible to obtain big displacement when it forms in some moving part 20 further, having applied a part for the substantial mechanical component 18 With the gestalt of this operation, since it forms so that a part for said substantial mechanical component 18 may not be applied to both moving part 20 and the fixed part 22, un-arranging [ that displacement actuation of moving part 20 is restricted ] is avoided, and the amount of displacement of moving part 20 can be enlarged.

[0089] On the contrary, when forming piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b in some moving

part 20, it is desirable to form so that the amount of [ 18 ] said substantial mechanical component may make it applied and located in a part of sheet metal sections 16a and 16b from some moving part 20. This is because displacement actuation of moving part 20 will be restricted as mentioned above if a part for the substantial mechanical component 18 is formed over a part of fixed part 22.

[0090] Next, the desirable example of a configuration of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation is explained.

[0091] First, in order to make displacement actuation of moving part 20 into a positive thing, it is desirable to make or more [ of thickness  $d$  of the sheet metal sections 16a and 16b ] into  $1/2$  distance  $g$  the amount of [ of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b / 18 ] substantial mechanical component starts a fixed part 22 or moving part 20.

[0092] and the ratio of the distance  $a$  between the walls of the sheet metal sections 16a and 16b (distance of X shaft orientations), and the width of face (distance of Y shaft orientations)  $b$  of the sheet metal sections 16a and 16b -- it constitutes so that  $a/b$  may be set to 0.5-20. Aforementioned ratio  $a/b$  is preferably set to 1-10, and is set to 2-8 still more preferably. this ratio -- the default value of  $a/b$  -- the displacement of moving part 20 -- it is the convention based on discovery of an amount being enlarged and being able to obtain the displacement in an X-Z plane dominantly.

[0093] on the other hand -- a ratio with the distance  $a$  between length (distance of Z shaft orientations)  $e$  of the sheet metal section 20, and the wall of the sheet metal sections 16a and 16b -- in  $e/a$ , it is desirable for it to be preferably referred to as 0.5-10, and to be referred to as 0.7-5 still more preferably. this ratio -- the default value of  $e/a$  -- the displacement of moving part 20 -- resonance frequency high [ that an amount can be enlarged ] -- displacement -- it can operate -- \*\* (a high speed of response can be attained) -- it is the convention based on the discovery to say.

[0094] therefore, the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation -- the influence by Y shaft orientations -- displacement -- Or in order to consider as the structure of controlling vibration, and excelling in high-speed responsibility, and having big displacement by the low battery relatively a ratio --  $a/b$  -- 0.5-20 -- carrying out -- and a ratio -- setting  $e/a$  to 0.5-10 -- desirable -- further -- desirable -- a ratio --  $a/b$  -- 1-10 -- carrying out -- and a ratio -- it is setting  $e/a$  to 0.7-5.

[0095] Furthermore, it is desirable to fill up a pore 12, gel material, for example, silicon gel. Usually, although displacement actuation of moving part 20 will receive a limit by existence of a filler Since he is trying to attain lightweight-izing and increase-izing of the amount of displacement of moving part 20 accompanying the formation of end faces 36a and 36b to moving part 20 with the gestalt of this 1st operation, A limit of displacement actuation of the moving part 20 by said filler is negated, and the effect by existence of a filler, i.e., a raise in resonance frequency, and rigid reservation can be realized.

[0096] Moreover, the short thing of length (distance of Z shaft orientations)  $f$  of moving part 20 is desirable. It is because increase of lightweight-izing and resonance frequency is achieved by shortening. however -- in order to secure the rigidity of X shaft orientations of moving part 20 and to make the displacement into a positive thing -- a ratio with thickness  $d$  of the sheet metal sections 16a and 16b -- it is desirable to make  $f/d$  or more into ten preferably three or more.

[0097] In addition, the actual size of each part will be set to the reinforcement of the plane-of-composition product [ for installation ], and piezo-electricity / electrostriction devices, such as plane-of-composition product [ for attaching the plane-of-composition product for installation of the components to moving part 20, and a fixed part 22 in other members ], and terminal for electrodes, 10 whole, durability, and the required amount list of displacement in consideration of resonance frequency, driver voltage, etc.

[0098] 100 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and, specifically, the distance  $a$  between the walls of the sheet metal sections 16a and 16b is 200 micrometers - 1000 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and the width of face  $b$  of the sheet metal

sections 16a and 16b is 100 micrometers - 500 micrometers. thickness d of the sheet metal sections 16a and 16b -- the displacement to Y shaft orientations -- the influence which is a component -- in relation with the width of face b of the sheet metal sections 16a and 16b, it considers as  $b > d$  and 2 micrometers - 100 micrometers are 4 micrometers - 50 micrometers desirable still more preferably so that displacement can control effectively.

[0099] 200 micrometers - 3000 micrometers are desirable still more desirable, and length e of the sheet metal sections 16a and 16b is 300 micrometers - 2000 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and length f of moving part 20 is 100 micrometers - 1000 micrometers.

[0100] Although the displacement of Y shaft orientations does not exceed 10% to the displacement of X shaft orientations by making it such a configuration, the extremely excellent effect that a low-battery drive is possible by adjusting suitably in the above-mentioned rate of a proportion and the range of an actual size, and the displacement component to Y shaft orientations can be controlled to 5% or less is shown. That is, moving part 20 will displace to 1 shaft orientations of X shaft orientations substantially, moreover, is excellent in high-speed responsibility, and can get big displacement by the low battery relatively.

[0101] Moreover, in this piezo-electricity / electrostriction device 10, not tabular [ a tabular configuration is / like before ] but the moving part 20 and the fixed part 22 of a device are presenting the configuration of a rectangular parallelepiped, and since the sheet metal sections 16a and 16b of a pair are formed so that the side of moving part 20 and a fixed part 22 may continue, rigidity of Y shaft orientations of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be alternatively made high.

[0102] That is, in this piezo-electricity / electrostriction device 10, only actuation of the moving part 20 within a plane (inside of XZ plane) can be generated alternatively, and the actuation within YZ side of moving part 20 (the so-called actuation of the influence direction) can be controlled.

[0103] Next, each component of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation is explained.

[0104] As moving part 20 mentioned above, it is the portion which operates based on the amount of drives of the sheet metal sections 16a and 16b, and various members are attached according to the purpose of using piezo-electricity / electrostriction device 10. For example, if it is the case where piezo-electricity / electrostriction device 10 is used as a displacement element, the shield of an optical shutter etc. will be attached, and if it is especially used for positioning and the ringing inhibition mechanism of the magnetic head of a hard disk drive, the member which needs positioning of the suspension which has the slider which has the magnetic head and the magnetic head, and a slider will be attached.

[0105] A fixed part 22 is a portion which supports moving part 20 in sheet metal section 16a and 16b list as mentioned above, and when using a fixed part 22 for positioning of the magnetic head of said hard disk drive, for example, whole piezo-electricity / electrostriction device 10 are fixed to a fixed plate or a suspension etc. which was attached in VCM (voice coil motor) and attached in the carriage arm and this carriage arm by carrying out support immobilization. Moreover, as shown in drawing 1, the terminal 32 for driving piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b and the member of 34 and others may be arranged at this fixed part 22.

[0106] Although it is not limited as a material which constitutes moving part 20 and a fixed part 22 especially as long as it has rigidity, the ceramics which can apply the ceramic green sheet laminated layers method mentioned later can be used suitably. Although the material which uses zirconias including stabilized zirconia and partially stabilized zirconia, an alumina, a magnesia, silicon nitride, aluminum nitride, and titanium oxide as a principal component is specifically mentioned and also the material which used such mixture as the principal component is mentioned, the material with which a mechanical strength and toughness use a zirconia, especially stabilized zirconia as a principal component in a high point, and the material which uses partially stabilized zirconia as a principal component are desirable. Moreover, in a metallic material, although

it is not limited as long as it has rigidity, stainless steel, nickel, etc. are mentioned.

[0107] The sheet metal sections 16a and 16b are portions driven with the displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, as mentioned above. telescopic motion of the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which the sheet metal sections 16a and 16b are the members of the shape of sheet metal which has flexibility, and were arranged in the surface -- displacement -- crookedness -- it amplifies as displacement and has the function transmitted to moving part 20. Therefore, if the configuration and the quality of the material of the sheet metal sections 16a and 16b have flexibility and have the mechanical strength of the degree which is not damaged by flexion deformity, it is sufficient for them, and they can be suitably chosen in consideration of the responsibility of moving part 20, and operability.

[0108] As for thickness d of the sheet metal sections 16a and 16b, it is desirable to be referred to as 2 micrometers - about 100 micrometers, and, as for the thickness which doubled the sheet metal sections 16a and 16b, and the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, it is desirable to be referred to as 7 micrometers - 500 micrometers. As for the thickness of 0.1-50 micrometers, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26, it is [ the thickness of electrodes 28 and 30 ] desirable to be referred to as 3-300 micrometers. Moreover, as width of face b of the sheet metal sections 16a and 16b, 50 micrometers - 2000 micrometers are suitable.

[0109] By the ability using suitably the same ceramics as moving part 20 or a fixed part 22 as a material which constitutes the sheet metal sections 16a and 16b, even if a zirconia, the material which uses stabilized zirconia as a principal component especially, and the material which uses partially stabilized zirconia as a principal component are thin meat, it is most suitably used from that a mechanical strength is large, that toughness is high, and reactivity with piezo-electricity / electrostriction layer, or electrode material being small.

[0110] Moreover, as an iron system material, it is desirable to constitute from various stainless steel and various spring steel steel materials, and it is desirable, although to have flexibility and what is necessary is just the metallic material which can be deformed by flexion as above-mentioned, also when it constitutes from a metallic material preferably as a non-iron system material to constitute from beryllium copper, phosphor bronze, nickel, and a ferronickel alloy.

[0111] That by which partial stabilization was carried out as follows in partially stabilized zirconia in the stabilization list at said stabilized zirconia list is desirable. namely, as a compound which carries out partial stabilization, a zirconia in a stabilization list Although a zirconia will be stabilized partially or completely by there being yttrium oxide, ytterbium oxide, cerium oxide, a calcium oxide, and a magnesium oxide, and making one of compounds [ them ] add and contain at least The stabilization of a zirconia made into the purpose is possible also by adding the stabilization not only combining addition of one kind of compound but combining these compounds.

[0112] In addition, as an addition of each compound, if it is in the case of yttrium oxide or ytterbium oxide 1-30-mol % -- preferably, if it is in the case of 1.5-10-mol % and cerium oxide 6-50-mol % -- preferably, if it is in the case of 8-20-mol % and a calcium oxide, or a magnesium oxide Although it is desirable % and to 5-40-mol consider as 5-20-mol % preferably, also especially in it, it is desirable to use yttrium oxide as a stabilizing agent, and it is desirable % and to 1.5-10-mol consider as 2-4-mol % still more preferably in that case. Moreover, although it is possible to add an alumina, a silica, a transition-metals oxide, etc. in 0.05 - 20wt% as additives, such as sintering acid, when adopting the baking unification by the film forming method as the formation technique of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, it is also desirable to add an alumina, a magnesia, a transition-metals oxide, etc. as an additive.

[0113] In addition, it is desirable to set preferably 0.05-3 micrometers of average crystal particle diameter of a zirconia to 0.05-1 micrometer so that a mechanical strength and the stable crystal phase may be obtained. Moreover, although the same ceramics as a fixed part 22 can be used for moving-part 20 list about the sheet

metal sections 16a and 16b as mentioned above, constituting preferably using the same material substantially is advantageous when aiming at reduction of the reliability for a joint, the reinforcement of piezo-electricity / electrostriction device 10, and the complicatedness of manufacture.

[0114] Although it has the electrodes 28 and 30 of the pair for applying electric field to piezo-electricity / electrostriction layer 26, and this the piezo-electricity / electrostriction layer 26 at least and piezo-electricity / electrostriction elements, such as a uni-morph mold and a bimorph mold, can be used, piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b excel [ direction / of a uni-morph mold ] in the stability of the amount of displacement to generate, and since it is advantageous to lightweight-izing, they are suitable for such piezo-electricity / an electrostriction device 10.

[0115] For example, as shown in drawing 1 , the piezo-electricity / electrostriction element by which the laminating of one electrode 28, the piezo-electricity / electrostriction layer 26, and the electrode 30 of another side was carried out to the shape of a layer can be used suitably, and also as shown in drawing 5 - drawing 9 , you may make it a multistage configuration.

[0116] As said piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are shown in drawing 1 , although it is desirable, in that the direction formed in the external surface side of piezo-electricity / electrostriction device 10 can make the sheet metal sections 16a and 16b drive more greatly According to a use gestalt etc., you may form in the inside side of piezo-electricity / electrostriction device 10, i.e., the internal surface of a pore 12, and may form in the both sides by the side of the external surface of piezo-electricity / electrostriction device 10, and an inside.

[0117] Although electrostrictive ceramics is suitably used for piezo-electricity / electrostriction layer 26, it is also possible to use the electrostriction ceramics, the ferroelectric ceramics, or the antiferroelectric crystal ceramics. However, since linearity with the amount of displacement of moving part 20, driver voltage, or output voltage is made important when using this piezo-electricity / electrostriction device 10 for positioning of the magnetic head of a hard disk drive etc., it is desirable to use the small material of distortion hysteresis, and it is desirable that a coercive electric field uses a material 10kV [/mm ] or less.

[0118] The ceramics which is independent or contains lead zirconate, lead titanate, magnesium niobic acid lead, nickel niobic acid lead, zinc niobic acid lead, manganese niobic acid lead, antimony stannic-acid lead, a manganese lead wolframate, cobalt niobic acid lead, barium titanate, a titanic-acid sodium bismuth, niobic acid potassium sodium, a tantalic acid strontium bismuth, etc. as mixture as a concrete material is mentioned.

[0119] Especially, it has a high electromechanical coupling coefficient and a high piezoelectric constant, and reactivity with the sheet metal sections 16a and 16b (ceramics) at the time of sintering of piezo-electricity / electrostriction layer 26 is small, and the material which uses lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead as a principal component, or the material which uses a titanic acid sodium bismuth as a principal component is suitably use in the point that the thing of the stable presentation is obtain.

[0120] Furthermore, the ceramics which is independent or mixed oxides, such as a lanthanum, calcium, strontium, molybdenum, a tungsten, barium, niobium, zinc, nickel, manganese, a cerium, cadmium, chromium, cobalt, antimony, iron, an yttrium, a tantalum, a lithium, a bismuth, and tin, etc. into said material may be used.

[0121] For example, an advantage, like adjustment of a coercive electric field and a piezo-electric property is attained can be acquired by making the lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead which are a principal component contain a lanthanum and strontium.

[0122] In addition, as for addition of materials which are easy to vitrify, such as a silica, avoiding is desirable. It is because materials, such as a silica, tend to react with piezo-electricity / electrostriction material at the time of heat treatment of piezo-electricity / electrostriction layer, the presentation is fluctuated and a piezo-electric property is degraded.

[0123] On the other hand, the electrodes 28 and 30 of the pair of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are a solid-state at a room temperature and it is desirable to consist of metals excellent in conductivity. For example, aluminum, titanium, chromium, iron, cobalt, nickel, copper, Zinc, niobium, molybdenum, a ruthenium, palladium, a rhodium, silver, Metal simple substances, such as tin, a tantalum, a tungsten, iridium, platinum, gold, and lead, or these alloys are used, and the cermet material which made these distribute the same material as piezo-electricity / electrostriction layer 26, or the sheet metal sections 16a and 16b further may be used.

[0124] It opts for the material selection of the electrodes 28 and 30 in piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b depending on the formation method of piezo-electricity / electrostriction layer 26. For example, when forming piezo-electricity / electrostriction layer 26 by baking on one [ this ] electrode 28 after forming one electrode 28 on sheet metal section 16a and 16b Although it is necessary to use refractory metals, such as platinum which does not change in the burning temperature of piezo-electricity / electrostriction layer 26, palladium, a platinum-palladium alloy, and a silver-palladium alloy, for one electrode 28 After forming piezo-electricity / electrostriction layer 26, since the electrode 30 of another side formed on this piezo-electricity / electrostriction layer 26 can perform electrode formation at low temperature, low melting point metals, such as aluminum, gold, and silver, can be used for it.

[0125] Moreover, as for the thickness of electrodes 28 and 30, it is desirable to use materials, such as the organic metal paste with which a precise and thinner film is obtained after baking, for example, a golden resinate paste, a platinum resinate paste, and a silver resinate paste, for the electrode in which the factor which reduces the displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b not a little is formed after baking of a sake, especially the piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0126] Next, some manufacture methods of of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation are explained, referring to drawing 15 A - drawing 27 .

[0127] The piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation The component of each part material is used as the ceramics. As a component of piezo-electricity / electrostriction device 10 The base 16a and 14 16b except piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, i.e., the sheet metal sections, It is desirable to manufacture using a ceramic green sheet laminated layers method about a fixed part 22 and moving part 20, and it is desirable to manufacture on the other hand using the film formation technique, such as a thin film and a thick film, about each terminals 32 and 34 including piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b.

[0128] According to the ceramic green sheet laminated layers method which can fabricate each part material in the base 14 of piezo-electricity / electrostriction device 10 in one, since the change of state of the joint of each part material with time hardly arises, the reliability like a joint is a high and method advantageous to rigid reservation.

[0129] the piezo-electricity / electrostriction device 10 concerning the gestalt of this operation -- the boundary partial (part for joint) list of the sheet metal sections 16a and 16b and a fixed part 22 -- the boundary portion (a part for a joint) of the sheet metal sections 16a and 16b and moving part 20 -- displacement -- since it becomes the supporting point of a manifestation, the reliability for a joint is the important point which influences the property of piezo-electricity / electrostriction device 10.

[0130] since [ moreover, ] the manufacture method shown below is excellent in productivity or a moldability -- the piezo-electricity / electrostriction device of a predetermined configuration -- a short time -- and it can obtain with sufficient repeatability.

[0131] Hereafter, the 1st manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device 10 concretely applied to the gestalt of this operation is explained. Here, the definition is carried out. The layered product obtained by carrying out the laminating of the ceramic green sheet is defined as the ceramic green layered product 58 (for example, refer to drawing 16 B), what calcinated this ceramic green layered product 58, and



was unified is defined as the ceramic layered product 60 (for example, refer to drawing 17 ), and the thing which excises an unnecessary portion from this ceramic layered product 60 and by which the fixed part 22 was united with moving part 20, sheet metal section 16a, and 16b list is defined as ceramic base 14C (refer to drawing 18 ).

[0132] Moreover, in this 1st manufacture method, finally the ceramic layered product 60 is cut per chip, and although many piezo-electricity / electrostriction devices 10 are taken and are carried out, in order to simplify explanation, it explains by making one-piece picking of piezo-electricity / electrostriction device 10 into a subject.

[0133] First, addition mixing of a binder, a solvent, a dispersant, the plasticizer, etc. is carried out at ceramic powder, such as a zirconia, a slurry is produced, and the ceramic green sheet which has predetermined thickness for this by methods, such as the reverse roll coater method and a doctor blade method, after degassing processing is produced.

[0134] Next, by methods using metal mold, such as blanking and laser beam machining, a ceramic green sheet is processed into various configurations like drawing 16 A, and the ceramic green sheets 50A-50D for base formation of two or more sheets, and 52A and 52B are obtained.

[0135] These ceramic green sheets 50A-50D, and 52A and 52B have the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 which forms a pore 12 behind at least was formed, and the ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) which serve as the sheet metal sections 16a and 16b behind. In addition, the number of sheets of a ceramic green sheet is an example to the last.

[0136] Then, as shown in drawing 16 B, as the ceramic green sheets 50A-50D are put with the ceramic green sheets 52A and 52B, a laminating and after being stuck by pressure and considering as the ceramic green layered product 58, this ceramic green layered product 58 is calcinated for these ceramic green sheets 50A-50D, and 52A and 52B, and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 17 ) is obtained.

[0137] In addition, the count of sticking by pressure or sequence for laminating unification are not limited. It can be decided suitably that desired structure is acquired by the configuration of a window part 54, the number of sheets of a ceramic green sheet, etc., corresponding to structure.

[0138] Not all the configurations of a window part 54 need to be the same, and can be determined according to a desired function. Moreover, the number of sheets of a ceramic green sheet and especially the thickness of each ceramic green sheet are not limited, either.

[0139] Sticking by pressure can raise laminating nature more by applying heat. Moreover, the laminating nature of a ceramic green sheet interface can be raised by applying and printing a paste, a slurry, etc. which made the subject ceramic powder (desirable in respect of the same as that of the ceramics used for the ceramic green sheet, or the reliability reservation by it being a similar presentation), and a binder on a ceramic green sheet, and considering as a cementation auxiliary layer. In addition, it is desirable to deal with it using the polyethylene terephthalate film with which the ceramic green sheets 52A and 52B coated the surface with the release agent of a silicone system also in plastic film when thin.

[0140] Next, as shown in drawing 17 , piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are formed in both the surfaces of said ceramic layered product 60, i.e., the surface on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the surface by which the laminating was carried out, respectively. As a method of forming piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, the thin film forming methods, such as the thick-film forming methods, such as screen printing, a dipping method, the applying method, and an electrophoresis method, the ion beam method and the sputtering method, vacuum deposition, the ion plating method, a chemical-vapor-deposition method (CVD), and plating, can be used.

[0141] Integration can be made easy, while being able to join and arrange piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, and the sheet metal sections 16a and 16b in one and being able to secure reliability



and repeatability, without using adhesives by forming piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b using such a film forming method.

[0142] In this case, it is desirable to form piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b by the thick-film forming method. It is because good piezo-electricity / electrostriction property can be acquired by being able to film-ize the particle of 0.05-3-micrometer electrostrictive ceramics, and powder the mean particle diameter of 0.01-5 micrometers using the paste used as a principal component, a slurry or a suspension, an emulsion, a sol, etc. preferably, and calcinating it if the thick-film forming method is especially used in formation of piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0143] In addition, an electrophoresis method has the advantage that it is high density and a film can be formed in a high configuration precision. Moreover, since film formation and pattern formation are made as for screen printing to coincidence, it is advantageous to simplification of a manufacturing process.

[0144] Concretely, formation of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b is explained. First, one electrode 28 is printed and calcinated, after calcinating the ceramic green layered product 58 at the temperature of 1200 degrees C - 1600 degrees C, unifying and obtaining the ceramic layered product 60, subsequently, piezo-electricity / electrostriction layer 26 is printed and calcinated, the electrode 30 of another side is printed and calcinated in the predetermined location of both the surfaces of this ceramic layered product 60, and piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are further formed in it. Then, the terminals 32 and 34 for connecting each electrodes 28 and 30 to a drive circuit electrically are printed and calcinated.

[0145] here -- as one electrode 28 -- as platinum (Pt) piezo-electricity / electrostriction layer 26 -- as PZT (PZT) and the electrode 30 of another side -- gold (Au) -- further -- as terminals 32 and 34 -- silver (Ag) -- as -- If a material is selected so that the burning temperature of each part material may become low according to the order of a laminating, in a certain baking phase, resintering of the material calcinated from it before does not happen, but generating of the fault of exfoliation and condensation of electrode material etc. can be avoided.

[0146] In addition, by choosing a suitable material, each part material and terminals 32 and 34 of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are printed serially, really calcinating at once is also possible, and after forming piezo-electricity / electrostriction layer 26, each electrode 30 grade can also be prepared at low temperature.

[0147] Moreover, each part material and terminals 32 and 34 of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b may be formed by the thin film forming methods, such as a spatter and vacuum deposition, and do not necessarily need heat treatment in this case.

[0148] In formation of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are beforehand formed in both the surfaces of the ceramic green layered product 58, i.e., each surface of the ceramic green sheets 52A and 52B, and calcinating this ceramic green layered product 58, and the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b to coincidence is also performed preferably. If in charge of coincidence baking, it may be made to calcinate to all the configuration films of the ceramic green layered product 58, and the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, and coincidence baking of one electrode 28 and ceramic green layered product 58 is carried out, or the method of carrying out coincidence baking of other configuration films and ceramic green layered products 58 except the electrode 30 of another side etc. is mentioned.

[0149] As a method of carrying out coincidence baking of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, and the ceramic green layered product 58 The precursor of piezo-electricity / electrostriction layer 26 is fabricated by the tape-forming method using a slurry raw material etc. The laminating of the precursor of the piezo-electricity / electrostriction layer 26 before this baking is carried out by thermocompression bonding etc. on the surface of the ceramic green layered product 58, and the method of calcinating to coincidence and

producing moving part 20, the sheet metal sections 16a and 16b, the piezo-electricity / electrostriction layer 26, and a fixed part 22 to coincidence is mentioned. However, it is necessary to form an electrode 28 in the surface of the ceramic green layered product 58, and/or the piezo-electricity / electrostriction layer 26 beforehand by this method using the film forming method mentioned above.

[0150] As the other methods, the electrodes 28 and 30, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26 which is each configuration layer of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b is formed in the portion of the ceramic green layered product 58 which finally serves as the sheet metal sections 16a and 16b at least by screen-stencil, and calcinating to coincidence is mentioned.

[0151] Although the burning temperature of the configuration film of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b is suitably determined by the material which constitutes this, generally, it is 500 degrees C - 1500 degrees C, and is 1000 degrees C - 1400 degrees C preferably to piezo-electricity / electrostriction layer 26. In this case, in order to control the presentation of piezo-electricity / electrostriction layer 26, it is desirable to sinter under existence of the evaporation source of the material of piezo-electricity / electrostriction layer 26. In addition, to carry out coincidence baking of piezo-electricity / electrostriction layer 26, and the ceramic green layered product 58, it is required to double both baking conditions. that by which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are not necessarily formed in both sides of the ceramic layered product 60 or the ceramic green layered product 58 -- it is not -- one side -- it is easy to be natural.

[0152] Next, an unnecessary portion is excised among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed as mentioned above. The locations to excise are the flank of the ceramic layered product 60, and a part (a cutting plane line C1 and C2 reference) where the pore 12 by the window part 54 is especially formed in the side of the ceramic layered product 60 of this excision.

[0153] Subsequently, as shown in drawing 18 , core part 20b of the portion which serves as moving part 20 is cut and removed along with cutting plane lines C3 and C4, and the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in the ceramic base 14 with which the fixed part 22 was united with moving part 20, sheet metal section 16a, and 16b list are produced. As the method of excision, it is possible to apply laser beam machining and electron beam machining of dicing processing, wire saw processing, etc., such as an YAG laser besides machining and excimer laser.

[0154] By the way, it sets to the manufacture method of of above-mentioned piezo-electricity / electrostriction device. Since he is trying to really form piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b on sheet metal section 16a and 16b by baking, As shown in drawing 19 A, in the contraction of piezo-electricity / electrostriction layer 26 and the electrodes 28 and 30 of a pair which are produced at the time of baking, and piezo-electricity / electrostriction layer 26 list by the difference in coefficient of thermal expansion with the sheet metal sections 16a and 16b etc. In sheet metal section 16a and 16b list, for example, piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b It displaces slightly so that it may become a convex toward a pore 12, and it will be in the condition that distortion arose geometrically, and will become easy to generate internal residual stress in piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b (especially piezo-electricity / electrostriction layer 26), or the sheet metal sections 16a and 16b.

[0155] Generating of the internal residual stress in these sheet metal sections 16a and 16b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 26 is produced also when really which was mentioned above sticking the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of another object on the sheet metal sections 16a and 16b besides baking with adhesives. That is, in case adhesives are fixed or hardened, internal residual stress will occur by hardening contraction of adhesives etc. in the sheet metal sections 16a and 16b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 26. Furthermore, when heating is required, residual stress becomes the immobilization or hardening with a big thing.

[0156] If piezo-electricity / electrostriction device 10 is used in this condition, even if it makes piezo-electricity /

electrostriction layer 26 produce predetermined electric field, desired displacement may not be shown in moving part 20. This is because the material property of piezo-electricity / electrostriction layer 26 and displacement actuation of moving part 20 are checked by the internal residual stress generated in said sheet metal sections 16a and 16b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0157] Then, he is trying only for the predetermined width of face W1 (for example, 100 micrometers) to excise core part 20b of moving part 20 by this 1st manufacture method, as shown in drawing 19 A. Although the end faces 36a and 36b which counter mutually are formed in moving part 20 of excision of this core part 20b as shown in drawing 19 B With the internal residual stress generated in the sheet metal sections 16a and 16b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 26, it moves in the direction in which these end faces 36a and 36b approach mutually, and the width of face of each end faces 36a and 36b after migration turns into the 2nd short predetermined width of face W2 (for example, 30 micrometers) from said predetermined width of face W1.

[0158] Migration of these end faces 36a and 36b is followed on release of the internal residual stress generated in the sheet metal sections 16a and 16b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 26. Where internal residual stress is released, when piezo-electricity / electrostriction device 10 is used, moving part will show the displacement actuation as layout mostly, and will show a good device property. As this effect excises a part of portion used as a fixed part 22, for example, shows it to drawing 3 When the end faces 36a and 36b which counter a fixed part 22 mutually are formed, are the same. In this case The internal residual stress generated in the sheet metal sections 16a and 16b, or the piezo-electricity / electrostriction layer 26 will be released by migration of the end faces 36a and 36b which were formed in the fixed part 22 and which counter mutually. In addition, about the end faces 36a and 36b which counter, the same effect is not necessarily acquired not only excision for a core of moving part 20 or a fixed part 22 but by excising and forming the portion which swerved from the center.

[0159] It is desirable to heat-treat at 300-800 degrees C after excision in excision shown in drawing 17 or excision shown in drawing 18 . This is because said defect can be removed and reliability improves by said heat treatment, although it is easy to produce defects, such as a micro crack, in a device by processing. Furthermore, it is desirable to leave it at the temperature of about 80 degrees C after said heat treatment for about at least 10 hours, and to perform aging processing. It is because the stress of the carrier beam versatility in a manufacture process etc. can be eased further and it contributes to improvement in a property by this aging processing.

[0160] Next, it explains, referring to drawing 20 A - drawing 22 about the 2nd manufacture method. First, the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 which forms a pore 12 behind at least was formed as shown in drawing 20 A, The ceramic green sheet 102 with which continuation formation of the window part 100 for forming the window part 54 which forms a pore 12 behind, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was carried out, The ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) used as the sheet metal sections 16a and 16b are prepared for behind.

[0161] then, it is shown in drawing 20 B -- as -- the ceramic green sheets 52A and 52B -- ceramic green sheet 50A- as 50D and 102 are put, the laminating and sticking by pressure of these ceramic green sheets 50A- 50D, 52A, and 52B and 102 are done, and it considers as the ceramic green layered product 58. In this laminating, the ceramic green sheet 102 is located in the center, and carries out a laminating. Since the part which does not require a pressure at the time of sticking by pressure occurs by existence of a window part 100 at this time, a laminating, the sequence of sticking by pressure, etc. are changed and it is necessary to make it such a part not generated. This is the same also by the 3rd and 4th manufacture methods mentioned later. Then, the ceramic green layered product 58 is calcinated and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 21 ) is obtained.

[0162] Next, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of multilayer structure are formed in both the surfaces of said ceramic layered product 60, i.e., the surface on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the surface by which the laminating was carried out, respectively, and piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are made to unite with the ceramic layered product 60 by baking, as shown in drawing 21 . Of course, piezo-electricity / electrostriction element may be formed only on the surface of one side. This is the same also by the 3rd and 4th manufacture methods mentioned later.

[0163] Next, the flank and point of the ceramic layered product 60 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed. By this excision, as shown in drawing 22 , the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in ceramic base 14C, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was formed are obtained. After cutting the timing of cutting along with cutting plane lines C1 and C2, it may be cut along with a cutting plane line C5, and after cutting along with a cutting plane line C5, it may be cut along with cutting plane lines C1 and C2. Of course, it may be made to perform these cutting to coincidence.

[0164] In this 2nd manufacture method, at the same time it excised the unnecessary portion from the ceramic layered product 60 Since the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in ceramic base 14C, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was formed can be obtained, While being able to attain simplification of a manufacturing process, the yield of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be raised.

[0165] Next, it explains, referring to drawing 23 A - drawing 25 about the 3rd manufacture method. First, the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 which forms a pore 12 behind at least was formed as shown in drawing 23 A, Continuation formation of the window part 104 for forming partial 20D from which the window part 54 which forms a pore 12 behind, and the end faces 36a and 36b which counter mutually serve as the moving part 20 connected in part is carried out. a window part 54 -- going -- a part -- flare appearance -- the ceramic green sheet 108 with which the overhang section 106 was formed the bottom, and the ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) which serve as the sheet metal sections 16a and 16b behind are prepared.

[0166] then, it is shown in drawing 23 B -- as -- the ceramic green sheets 52A and 52B -- ceramic green sheet 50A- as 50D and 108 are put, the laminating and sticking by pressure of these ceramic green sheets 50A- 50D, 52A, and 52B and 108 are done, and it considers as the ceramic green layered product 58. In this laminating, the ceramic green sheet 108 is located in the center, and carries out a laminating. Then, the ceramic green layered product 58 is calcinated and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 24 ) is obtained.

[0167] Next, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of multilayer structure are formed in both the surfaces of said ceramic layered product 60, i.e., the surface on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the surface by which the laminating was carried out, respectively, and piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are made to unite with the ceramic layered product 60 by baking, as shown in drawing 24 .

[0168] Next, the flank and point of a ceramic layered product are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed. Although piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are formed by this excision at a fixed part 22, sheet metal section 16a, and 16b list as shown in drawing 25 , partial 20D which serves as moving part 20 is in the condition that the end faces 36a and 36b which counter mutually were connected in part by the overhang section 106.

[0169] Next, said overhang section 106 which has connected in part the end faces 36a and 36b which counter

mutually is excised, and the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in ceramic base 14C by which the fixed part 22 was united with moving part 20, sheet metal section 16a, and 16b list are produced.

[0170] In this 3rd manufacture method, in a culmination, since what is necessary is just to excise the thin overhang section 106 which has connected in part the end faces 36a and 36b which counter mutually, while being able to excise simply and certainly and being able to attain simplification of a manufacturing process, the yield of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be raised.

[0171] Next, it explains, referring to drawing 26 A - drawing 28 about the 4th manufacture method. First, the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 which forms a pore 12 behind at least was formed as shown in drawing 26 A, The window part 110 for forming partial 20D from which the window part 54 used as a pore 12 and the end faces 36a and 36b which counter mutually serve as the moving part 20 connected in part is formed in behind. a window part 54 and a window part 110 are separated -- as -- a crosspiece -- the ceramic green sheet 114 with which the section 112 was formed, and the ceramic green sheets 52A and 52B of two or more sheets (for example, two sheets) which serve as the sheet metal sections 16a and 16b behind are prepared.

[0172] then, it is shown in drawing 26 B -- as -- the ceramic green sheets 52A and 52B -- ceramic green sheet 50A- as 50D and 114 are put, the laminating and sticking by pressure of these ceramic green sheets 50A- 50D, 52A, and 52B and 114 are done, and it considers as the ceramic green layered product 58. In this laminating, the ceramic green sheet 114 is located in the center, and carries out a laminating. Then, the ceramic green layered product 58 is calcinated and the ceramic layered product 60 (refer to drawing 27 ) is obtained.

[0173] Next, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of multilayer structure are formed in both the surfaces of said ceramic layered product 60, i.e., the surface on which the ceramic green sheets 52A and 52B are equivalent to the surface by which the laminating was carried out, respectively, and piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are made to unite with the ceramic layered product 60 by baking, as shown in drawing 27 .

[0174] Next, the flank and point of a ceramic layered product are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the ceramic layered products 60 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed. the end faces 36a and 36b which partial 20D which serves as moving part 20 counters mutually although piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are formed by this excision at a fixed part 22, sheet metal section 16a, and 16b list as shown in drawing 28 -- a crosspiece -- it is in the condition that the part was connected by the section 112.

[0175] Next, said \*\*\*\* 112 which has connected in part the end faces 36a and 36b which counter mutually is excised, and the piezo-electricity / electrostriction device 10 with which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in ceramic base 14C by which the fixed part 22 was united with moving part 20, sheet metal section 16a, and 16b list are produced.

[0176] the crosspiece which has connected a part of end face which counters mutually in a culmination in this 4th manufacture method -- since what is necessary is just to excise the section 112, while being able to excise simply and certainly and being able to attain simplification of a manufacturing process, the yield of piezo-electricity / electrostriction device 10 can be raised.

[0177] Although the above-mentioned example showed the example which constituted said moving part 20, a fixed part 22, and the sheet metal sections 16a and 16b from ceramic base 14C, each part can also consist of metallic materials. Furthermore, it can also constitute as hybrid construction which combined what was manufactured from the ceramics and a metaleled material. In this case, in cementation between metallic materials, and cementation between the ceramics and a metallic material, the adhesion in organic resin, glass, etc., low attachment, soldering, eutectic bonding, welding, etc. can be used.

[0178] For example, it explains, referring to drawing 29 A - drawing 36 about the manufacture method (the 5th and the 6th manufacture method) of of the piezo-electricity / electrostriction device of the hybrid construction which used moving part 20 and a fixed part 22 as the ceramics, and used the sheet metal sections 16a and 16b as the metal (the piezo-electricity / electrostriction devices 10h and 10i concerning the 8th and 9th modifications). Therefore, the metal formed by these 5th and 6th manufacture methods and the base containing the ceramics are described as base 14D.

[0179] The 5th manufacture method prepares the ceramic green sheet 102 with which continuation formation of the window part 100 for first forming the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 which forms a pore 12 behind at least as shown in drawing 29 A was formed, the window part 54 which forms a pore 12 in behind, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was carried out.

[0180] then, it is shown in drawing 29 B -- as -- ceramic green sheet 50A- the laminating and sticking by pressure of 50D and 102 are done, and it considers as the ceramic green layered product 158. In this laminating, the ceramic green sheet 102 is located in the center, and carries out a laminating. Then, the ceramic green layered product 158 is calcinated, and as shown in drawing 30 A, the ceramic layered product 160 (refer to drawing 30 A) is obtained. At this time, it becomes the form where the pore 130 by window parts 54 and 100 was formed at the ceramic layered product 160.

[0181] Next, as shown in drawing 30 B, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which were constituted as another object are pasted up on the surface of the metal plates 152A and 152B which serve as the sheet metal section, respectively with epoxy system adhesives. The piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of another object can be formed for example, with a ceramic green sheet laminated layers method.

[0182] Next, as a pore 130 is closed, these metal plates 152A and 152B are pasted up on the ceramic layered product 160 with epoxy system adhesives, and it considers as the hybrid layered product 162 (refer to drawing 31 ) so that the ceramic layered product 160 may be put with metal plates 152A and 152B.

[0183] Next, as shown in drawing 31 , the flank and point of the hybrid layered product 162 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the hybrid layered products 162 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed. By this excision, as shown in drawing 32 , the piezo-electricity / electrostriction device 10h concerning the 8th modification in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in the sheet metal section which consisted of metal plates among base 14D, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was formed are obtained.

[0184] The window part 100 for forming the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter as mutually on the other hand as the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 in which the 6th manufacture method forms a pore 12 behind at least as first shown in drawing 33 A was formed, and the window part 54 which forms a pore 12 in behind prepares the ceramic green sheet 102 by which continuation formation was carried out.

[0185] then, it is shown in drawing 33 B -- as -- ceramic green sheet 50A- the laminating and sticking by pressure of 50D and 102 are done, and it considers as the ceramic green layered product 158. Then, the ceramic green layered product 158 is calcinated, and as shown in drawing 34 A, the ceramic layered product 160 is obtained. At this time, it becomes the form where the pore 130 by window parts 54 and 100 was formed at the ceramic layered product 160.

[0186] Next, as shown in drawing 34 B, as a pore 130 is closed, these metal plates 152A and 152B are pasted up on the ceramic layered product 160 with epoxy system adhesives, and it considers as the hybrid layered product 162 so that the ceramic layered product 160 may be put with metal plates 152A and 152B. In case piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are stuck on the surface of the pasted-up metal

plates 152A and 152B at this time, as shown in drawing 34 A, a pore 130 is filled up with a filler 164 if needed, so that sufficient adhesion pressure may be put.

[0187] Since it is finally necessary to remove a filler 164, it is easy to dissolve in a solvent etc., and it is desirable that it is a hard material, for example, organic resin, a wax, a low, etc. are mentioned. Moreover, the material which mixed ceramic powder as a filler is also employable as organic resin, such as an acrylic.

[0188] Next, as shown in drawing 35, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which were formed in the surface of the metal plates 152A and 152B in the hybrid layered product 162 as another object are pasted up with epoxy system adhesives. The piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of another object can be formed for example, with a ceramic green sheet laminated layers method.

[0189] Next, the flank and point of the hybrid layered product 162 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the hybrid layered products 162 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed. By this excision, as shown in drawing 36, the piezo-electricity / electrostriction device 10i concerning the 9th modification in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in the sheet metal section which consisted of metal plates among base 14D, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was formed are obtained.

[0190] Moreover, what is necessary is to form the part equivalent to the ceramic layered product 160 in drawing 30 A by casting, in using all the base sections as a metal, and also to carry out the laminating of the \*\*-like metal and just to form by the cladding method.

[0191] According to the piezo-electricity / the electrostriction device mentioned above, various transducers, various actuators, A frequency-domain functional part (filter), a transformer, the vibrator and resonator for the object for a communication link, or power, Others, an ultrasonic sensor, and an acceleration sensor, [ active elements /, such as a radiator and a discriminator, ] It can use as sensor elements for [ various ] sensors, such as an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor, and can use suitable for the various actuators especially used for the displacement of various precision components, such as an optical instrument and a precision mechanical equipment, etc., or the device of positioning adjustment and angle adjustment.

[0192] According to the piezo-electricity / the electrostriction device mentioned above, various transducers, various actuators, A frequency-domain functional part (filter), a transformer, the vibrator and resonator for the object for a communication link, or power, Others, an ultrasonic sensor, and an acceleration sensor, [ active elements /, such as a radiator and a discriminator, ] It can use as sensor elements for [ various ] sensors, such as an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor, and can use suitable for the various actuators especially used for the displacement of various precision components, such as an optical instrument and a precision mechanical equipment, etc., or the device of positioning adjustment and angle adjustment.

[0193] In addition, the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture method of the ability of various configurations to be taken are natural, without deviating not only from the gestalt of above-mentioned operation but from the summary of this invention.

[0194]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture method The stability of a device or the attachment nature of the components to moving part can be raised also in lightweight-izing of a device in the handling nature list of lightweight-izing of a fixed part or moving part, and a device. By this While being able to displace moving part greatly, can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful vibration, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and can obtain the displacement element excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and the sensor element which can detect vibration of moving part

with a sufficient precision in a list.

---

[Translation done.]



JAPANESE

[JP,2001-315099,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION  
TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective diagram showing the configuration of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 2] It is the perspective diagram showing the 1st modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 3] It is the perspective diagram showing the 2nd modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 4] It is the perspective diagram showing the 3rd modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 5] It is the perspective diagram showing the 4th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 6] It is the perspective diagram showing the 5th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 7] It is the perspective diagram showing other examples of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the 5th modification.

[Drawing 8] It is the perspective diagram showing the 6th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 9] It is the perspective diagram showing the 7th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 10] It is the perspective diagram omitting and showing a part of other examples of piezo-electricity / electrostriction element.

[Drawing 11] It is the perspective diagram omitting and showing a part of example of further others of piezo-electricity / electrostriction element.

[Drawing 12] In the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation, it is explanatory drawing showing the case where neither piezo-electricity nor / electrostriction element are performing displacement actuation.

[Drawing 13] Drawing 13 A is the wave form chart showing the voltage waveform impressed to one piezo-electricity / electrostriction element, and drawing 13 B is the wave form chart showing the voltage waveform impressed to the piezo-electricity / electrostriction element of another side.

[Drawing 14] In the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this operation, it is explanatory drawing showing the case where piezo-electricity / electrostriction element performs displacement actuation.

[Drawing 15] It is the perspective diagram showing the case where the piezo-electricity / electrostriction device of another side are fixed in the moving part of one piezo-electricity / electrostriction device.

[Drawing 16] Drawing 16 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic

green sheet in the 1st manufacture method, and drawing 16 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.

[Drawing 17] In the 1st manufacture method, after considering as the ceramic layered product which calcinated the ceramic green layered product, it is explanatory drawing showing the condition of having formed piezo-electricity / electrostriction element in this ceramic layered product.

[Drawing 18] In the 1st manufacture method, it is explanatory drawing showing a process while considering as the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a ceramic layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the gestalt of this operation.

[Drawing 19] Drawing 19 A is explanatory drawing showing the condition that internal residual stress has occurred in the sheet metal section, or piezo-electricity / electrostriction layer, and drawing 19 B is explanatory drawing showing the condition of having excised a part for the core of moving part.

[Drawing 20] Drawing 20 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic green sheet in the 2nd manufacture method, and drawing 20 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.

[Drawing 21] In the 2nd manufacture method, after considering as the ceramic layered product which calcinated the ceramic green layered product, it is explanatory drawing showing the condition of having formed piezo-electricity / electrostriction element in this ceramic layered product.

[Drawing 22] In the 2nd manufacture method, it is explanatory drawing showing the condition of having considered as the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a ceramic layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the gestalt of this operation.

[Drawing 23] Drawing 23 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic green sheet in the 3rd manufacture method, and drawing 23 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.

[Drawing 24] In the 3rd manufacture method, after considering as the ceramic layered product which calcinated the ceramic green layered product, it is explanatory drawing showing the condition of having formed piezo-electricity / electrostriction element in this ceramic layered product.

[Drawing 25] In the 3rd manufacture method, it is explanatory drawing showing a process while considering as the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a ceramic layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the gestalt of this operation.

[Drawing 26] Drawing 26 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic green sheet in the 4th manufacture method, and drawing 26 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.

[Drawing 27] In the 4th manufacture method, after considering as the ceramic layered product which calcinated the ceramic green layered product, it is explanatory drawing showing the condition of having formed piezo-electricity / electrostriction element in this ceramic layered product.

[Drawing 28] In the 4th manufacture method, it is explanatory drawing showing a process while considering as the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a ceramic layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the gestalt of this operation.

[Drawing 29] Drawing 29 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic green sheet in the 5th manufacture method, and drawing 29 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.

[Drawing 30] Drawing 30 A is explanatory drawing showing the condition of having calcinated the ceramic green layered product and having considered as the ceramic layered product, and drawing 30 B is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the piezo-electricity / electrostriction element constituted as another object on the surface of the metal plate which serves as the sheet metal section, respectively.

[Drawing 31] In the 5th manufacture method, it is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the metal plate on the ceramic layered product, and having considered as the hybrid layered product.

[Drawing 32] In the 5th manufacture method, it is explanatory drawing showing the condition of having produced the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a hybrid layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the 8th modification.

[Drawing 33] Drawing 33 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic green sheet in the 6th manufacture method, and drawing 33 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.

[Drawing 34] Drawing 34 A is explanatory drawing showing the condition of having filled up the pore with the filler after calcinating a ceramic green layered product and considering as a ceramic layered product, and drawing 34 B is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the metal plate used as the sheet metal section on the ceramic layered product, and having considered as the hybrid layered product, respectively.

[Drawing 35] It is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the piezo-electricity / electrostriction element constituted as another object on the surface of the metal plate of a hybrid layered product.

[Drawing 36] In the 6th manufacture method, it is explanatory drawing showing the condition of having produced the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a hybrid layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the 9th modification.

[Drawing 37] It is the block diagram showing the piezo-electricity / electrostriction device concerning the conventional example.

[Description of Notations]

10, 10A, 10B, 10a-10i -- Piezo-electricity / electrostriction device

12 -- Pore

14, 14C, 14D -- Base (ceramic base)

16a, 16b -- Sheet metal section 18 -- A part for a substantial mechanical component

20 -- Moving part 20D -- Portion which serves as moving part

22 -- Fixed part 36a, 36b -- End face

38 -- Opening 40 -- Member

50A-50D, 52A, 52B, 102, 108, 114 -- Ceramic green sheet

58,158 -- Ceramic green layered product

60,160 -- Ceramic layered product 162 -- Hybrid layered product

---

[Translation done.]